BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VẬT LÍ

12



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

LƯƠNG DUYÊN BÌNH (Tổng Chủ biên)
VŨ QUANG (Chủ biên)
NGUYỄN THƯỢNG CHUNG - TÔ GIANG
TRẦN CHÍ MINH - NGÔ QUỐC QUÝNH

VẬT LÍ 12

(Tái bản lần thứ ba)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

CẤU TRÚC CÁC TRANG SÁCH GIÁO KHOA

1. Phần nội dung bài học gồm các trang in thành hai cột : một cột là nội dung chính của bài học, cột còn lại chữ nhỏ, trình bày các hình vẽ, tranh, ảnh, biểu bảng, đồ thị, các nội dung thứ yếu, các câu hỏi (kí hiệu C) để giáo viên và học sinh cùng tham gia xây dựng bài học. Tuy nhiên, với các hình, đồ thị,... có kích thước lớn thì in tràn trang.

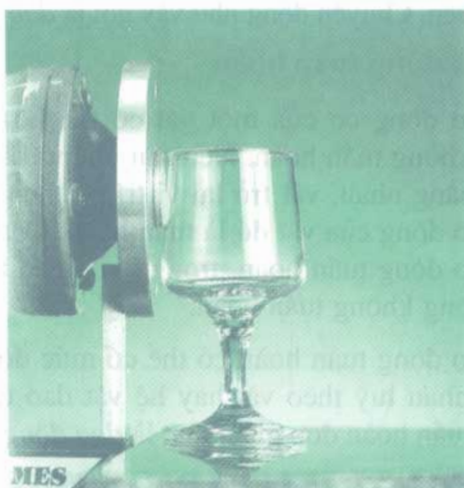
2. Sau phần nội dung bài học là phần tóm tắt bài học, được in đậm. Cuối mỗi bài học là phần câu hỏi (kí hiệu ?) và bài tập (kí hiệu ▼) để học sinh làm ở nhà. Phần đáp án và đáp số bài tập được in ở cuối cuốn sách.

3. Sau một số bài học có bài đọc thêm.

01-2011/CXB/172-1235/GD Mã số : CH205T1

CHƯƠNG I

Dao động cơ





Cốc vỡ do hiện tượng cộng hưởng.

- Các mô hình cơ học của dao động điều hoà : con lắc lò xo, con lắc đơn.
- Các đặc trưng của dao động điều hoà.
- Dao động tắt dần. Dao động cưỡng bức. Cộng hưởng.
- Vectơ quay. Phương pháp giản đồ Fre-nen.

1 DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

I - DAO ĐỘNG CƠ

1. Thế nào là dao động cơ ?

Chiếc thuyền nhấp nhô tại chỗ neo, dây đàn ghita rung động, màng trống rung động,... là những ví dụ về vật *dao động* mà ta thường gặp trong đời sống hằng ngày.

Quan sát chuyển động của các vật ấy, ta thấy chúng đều chuyển động qua lại quanh một vị trí đặc biệt, gọi là *vị trí cân bằng*. Đó thường là vị trí của vật khi đứng yên. Chuyển động như vậy gọi là *dao động cơ*.

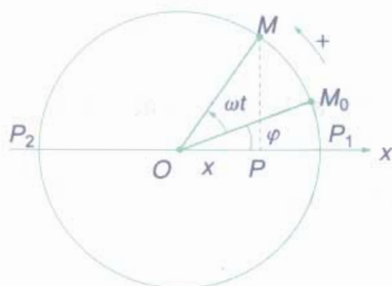
2. Dao động tuần hoàn

Dao động cơ của một vật có thể là *tuần hoàn* hoặc không tuần hoàn. Nếu sau những khoảng thời gian bằng nhau, vật trở lại vị trí cũ theo hướng cũ thì dao động của vật đó là tuần hoàn. Con lắc đồng hồ dao động tuần hoàn, trong khi chiếc thuyền thì dao động không tuần hoàn.

Dao động tuần hoàn có thể có mức độ phức tạp khác nhau tuỳ theo vật hay hệ vật dao động. Dao động tuần hoàn đơn giản nhất là *dao động điều hoà*.

II - PHƯƠNG TRÌNH CỦA DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

1. Ví dụ



Hình 1.1

Giả sử có một điểm M chuyển động tròn đều trên một đường tròn theo chiều dương (ngược chiều quay của kim đồng hồ) với tốc độ góc ω (H.1.1). Gọi P là hình chiếu của điểm M lên trục Ox trùng với một đường kính của đường tròn và có gốc trùng với tâm O của đường tròn. Ta thấy điểm P dao động trên trục Ox quanh gốc toạ độ O. Ta hãy xét xem dao động của điểm P có những đặc điểm gì.

Giả sử tại thời điểm ban đầu ($t = 0$), điểm M ở vị trí M_0, được xác định bằng góc $\widehat{P_1OM_0} = \varphi$ (rad). Sau t giây, tức là tại thời điểm t, nó chuyển động đến vị trí M được xác định bởi góc $\widehat{P_1OM} = (\omega t + \varphi)$ (H.1.1). Khi ấy, toạ độ $x = \overline{OP}$ của điểm P có phương trình là :

$$x = OM\cos(\omega t + \varphi)$$

Đặt $OM = A$, phương trình của toạ độ x được viết thành :

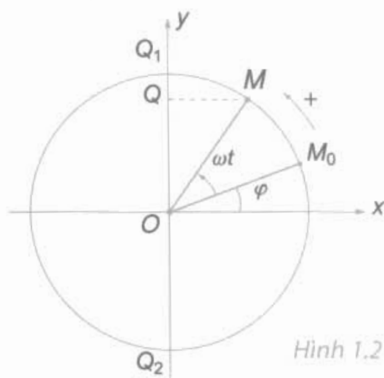
$$\boldsymbol{x = A\cos(\omega t + \varphi)} \quad (1.1)$$

trong đó A, ω, *và* φ *là các hằng số.*

Vì hàm sin hay côsin là một hàm điều hoà, nên dao động của điểm P được gọi là *dao động điều hoà*.



C1 Gọi Q là hình chiếu của điểm M chuyển động tròn đều lên trục y (H.1.2). Chứng minh rằng điểm Q dao động điều hoà.

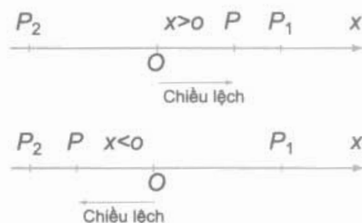


Hình 1.2

2. Định nghĩa

Bây giờ ta xét một vật nhỏ chịu tác dụng của các lực và chuyển động giống hệt điểm P. Khi ấy, ta nói vật dao động quanh gốc toạ độ O. Còn toạ độ x được gọi là *li độ x* của vật, vì nó cho biết độ lệch và chiều lệch của vật ra khỏi gốc toạ độ (H.1.3). Từ đó ta có định nghĩa :

Dao động điều hoà là dao động trong đó li độ của vật là một hàm côsin (hay sin) của thời gian.



Hình 1.3

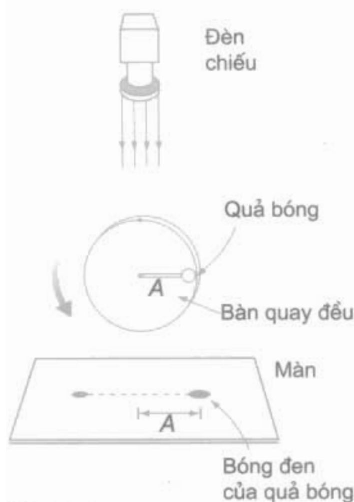
3. Phương trình

Phương trình $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ được gọi là *phương trình của dao động điều hoà*.

Trong phương trình này, người ta gọi :

- A là *biên độ dao động*. Nó là độ lệch cực đại của vật. Vì thế biên độ dao động là một số dương. Điểm P dao động qua lại giữa hai vị trí biên P_1 (có $x = A$) và P_2 (có $x = -A$).
- $(\omega t + \varphi)$ là *pha của dao động* tại thời điểm t. Nó có đơn vị là rađian (rad).

Với một biên độ đã cho thì pha là đại lượng xác định vị trí và chiều chuyển động của vật tại thời điểm t.



Hình 1.4

Thí nghiệm minh hoạ mối liên hệ giữa dao động điều hoà và chuyển động tròn đều.

- φ là *pha ban đầu* của dao động, có giá trị nằm trong khoảng từ $-\pi$ đến $+\pi$.

4. Chú ý

a) Ta nhận thấy, giữa dao động điều hoà và chuyển động tròn đều có một mối liên hệ, thể hiện như sau : *Điểm P dao động điều hoà trên một đoạn thẳng luôn luôn có thể được coi là hình chiếu của một điểm M chuyển động tròn đều lên đường kính là đoạn thẳng đó.*

b) Đối với phương trình dao động điều hoà $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ ta quy ước *chọn trục x làm gốc để tính pha của dao động và chiều tăng của pha tương ứng với chiều tăng của góc $\widehat{P_1OM}$ trong chuyển động tròn đều* (tức là ngược chiều quay của kim đồng hồ (H.1.1)).

III - CHU KÌ. TẦN SỐ. TẦN SỐ GÓC CỦA DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

1. Chu kì và tần số

Giống như chuyển động tròn đều, dao động điều hoà cũng có tính chất *tuần hoàn*. Thật vậy, cứ sau một khoảng thời gian gọi là chu kì, thì điểm M chuyển động được một vòng, còn điểm P thực hiện được *một dao động toàn phần* và lại trở về vị trí cũ theo hướng cũ (H.1.1). Từ đó, ta có các định nghĩa :

Chu kì (kí hiệu là T) của dao động điều hoà là khoảng thời gian để vật thực hiện một dao động toàn phần.

Đơn vị của chu kì là giây (s).

Tần số (kí hiệu là f) của dao động điều hoà là số dao động toàn phần thực hiện được trong một giây.

Đơn vị của tần số là một trên giây (1/s), gọi là héc (kí hiệu là Hz).

2. Tần số góc

Như đã biết trong chuyển động tròn đều, giữa tốc độ góc ω, chu kì T và tần số f có mối liên hệ :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Trong dao động điều hoà, ω được gọi là *tần số góc*.

Nó cũng có đơn vị là rađian trên giây (rad/s) như tốc độ góc.

Giữa tần số góc, chu kì và tần số cũng có mối liên hệ tương tự :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \qquad (1.2)$$

IV - VẬN TỐC VÀ GIA TỐC CỦA VẬT DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

1. Vận tốc

Vận tốc là đạo hàm của li độ theo thời gian :

$$v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi) \qquad (1.3)$$

Ta thấy vận tốc là đại lượng biến thiên điều hoà.

– Ở vị trí biên, $x = \pm A$ thì vận tốc bằng 0.

– Ở vị trí cân bằng $x = 0$ thì vận tốc có độ lớn cực đại : $v_{max} = \omega A$.

2. Gia tốc

Gia tốc là đạo hàm của vận tốc theo thời gian :

$$a = v' = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$a = -\omega^2 x \qquad (1.4)$$



Hình 1.5

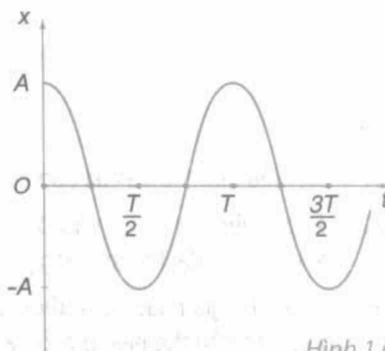
Công thức (1.4) cho thấy :

– Gốc tọa độ O là *vị trí cân bằng* của vật vì khi $x = 0$ thì $a = 0$ và hợp lực $F = 0$.

– Gia tốc luôn luôn ngược dấu với li độ (hay vectơ gia tốc luôn luôn hướng về vị trí cân bằng) và có độ lớn tỉ lệ với độ lớn của li độ (H.1.5).

V - ĐỒ THỊ CỦA DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

Hình 1.6 là đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của li độ x vào thời gian (với $\varphi = 0$). Nó là một đường hình sin, vì thế người ta còn gọi dao động điều hoà *là dao động hình sin.*



Hình 1.6

- **Dao động điều hoà là dao động trong đó li độ của vật là một hàm côsin (hay sin) của thời gian.**
- **Phương trình của dao động điều hoà là $x = A\cos(\omega t + \varphi)$, trong đó :**

  x là li độ của dao động ;
  A là biên độ dao động ;
  ω là tần số góc của dao động, có đơn vị là rad/s ;
  $(\omega t + \varphi)$ là pha của dao động tại thời điểm t, có đơn vị là rad ;
  φ là pha ban đầu của dao động.
- **Một điểm dao động điều hoà trên một đoạn thẳng luôn luôn có thể được coi là hình chiếu của một điểm tương ứng chuyển động tròn đều lên đường kính là đoạn thẳng đó.**
- **Chu kì T của dao động điều hoà là khoảng thời gian để vật thực hiện được một dao động toàn phần. Đơn vị của chu kì là giây (s).**
- **Tần số f của dao động điều hoà là số dao động toàn phần thực hiện được trong một giây. Đơn vị của tần số là héc (Hz).**
- **Tần số góc ω của dao động điều hoà là một đại lượng liên hệ với chu kì T hay với tần số f bằng các hệ thức sau đây :**

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

- **Công thức tính vận tốc và gia tốc của một vật dao động điều hoà :**

$$v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$$
$$a = v' = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$$

- **Vectơ gia tốc luôn luôn hướng về vị trí cân bằng và có độ lớn tỉ lệ với độ lớn của li độ.**
- **Tại vị trí biên, vận tốc bằng 0, còn gia tốc có độ lớn cực đại. Tại vị trí cân bằng, gia tốc bằng 0, còn vận tốc có độ lớn cực đại.**
- **Đồ thị của dao động điều hoà là một đường hình sin.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Phát biểu định nghĩa của dao động điều hoà.
2. Viết phương trình của dao động điều hoà và giải thích các đại lượng trong phương trình.
3. Mối liên hệ giữa dao động điều hoà và chuyển động tròn đều thể hiện ở chỗ nào ?
4. Nêu định nghĩa chu kì và tần số của dao động điều hoà.
5. Giữa chu kì, tần số và tần số góc có mối liên hệ như thế nào ?
6. Một vật dao động điều hoà theo phương trình $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

a) Lập công thức tính vận tốc và gia tốc của vật.

b) Ở vị trí nào thì vận tốc bằng 0 ? Ở vị trí nào thì gia tốc bằng 0 ?

c) Ở vị trí nào thì vận tốc có độ lớn cực đại ? Ở vị trí nào thì gia tốc có độ lớn cực đại ?

7. Một vật dao động điều hoà có quỹ đạo là một đoạn thẳng dài 12 cm. Biên độ dao động của vật là bao nhiêu ?

A. 12 cm. B. –12 cm.

C. 6 cm. D. – 6 cm.

8. Một vật chuyển động tròn đều với tốc độ góc là π rad/s. Hình chiếu của vật trên một đường kính dao động điều hoà với tần số góc, chu kì và tần số bằng bao nhiêu ?

A. π rad/s ; 2 s ; 0,5 Hz.

B. 2π rad/s ; 0,5 s ; 2 Hz.

C. 2π rad/s ; 1 s ; 1 Hz.

D. $\frac{\pi}{2}$ rad/s ; 4 s ; 0,25 Hz.

9. Cho phương trình của dao động điều hoà $x = -5\cos(4\pi t)$ (cm). Biên độ và pha ban đầu của dao động là bao nhiêu ?

A. 5 cm ; 0 rad. B. 5 cm ; 4π rad.

C. 5 cm ; $(4\pi t)$ rad. D. 5 cm ; π rad.

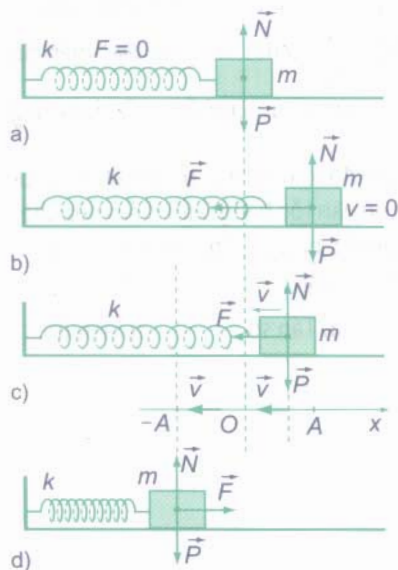
10. Phương trình của dao động điều hoà là $x = 2\cos(5t - \frac{\pi}{6})$ (cm). Hãy cho biết biên độ, pha ban đầu, và pha ở thời điểm t của dao động.

11. Một vật dao động điều hoà phải mất 0,25 s để đi từ điểm có vận tốc bằng 0 tới điểm tiếp theo cũng có vận tốc bằng 0. Khoảng cách giữa hai điểm là 36 cm. Tính :

a) Chu kì. b) Tần số. c) Biên độ.

2 CON LẮC LÒ XO

Ở bài trên, ta đã khảo sát dao động điều hoà về mặt động học. Trong bài này, ta sẽ khảo sát tiếp dao động điều hoà về mặt động lực học và năng lượng. Muốn thế, ta hãy dùng con lắc lò xo làm mô hình để nghiên cứu.



Hình 2.1

I - CON LẮC LÒ XO

1. Xét một con lắc lò xo gồm một vật nhỏ có khối lượng m gắn vào đầu của một lò xo có độ cứng k và có khối lượng không đáng kể ; đầu kia của lò xo được giữ cố định (H.2.1). Vật m có thể trượt trên một mặt phẳng nằm ngang không có ma sát.

2. Vị trí cân bằng của vật là vị trí khi lò xo không biến dạng (H.2.1a). Vật sẽ đứng yên mãi ở vị trí này nếu lúc đầu nó đứng yên.

Kéo vật ra khỏi vị trí cân bằng cho lò xo dãn ra một đoạn nhỏ rồi buông tay (H.2.1b), ta thấy vật dao động trên một đoạn thẳng quanh vị trí cân bằng (H.2.1c và d).

Ta hãy xét xem dao động của vật m (hay của con lắc lò xo) có phải là dao động điều hoà hay không.

II - KHẢO SÁT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC LÒ XO VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

1. Chọn trục toạ độ x song song với trục của lò xo, chiều dương là chiều tăng độ dài l của lò xo. Chọn gốc toạ độ O tại vị trí cân bằng. Giả sử vật có li độ x.

Vì trọng lực $\vec{P}$ và phản lực $\vec{N}$ của mặt phẳng tác dụng vào vật cân bằng nhau, nên hợp lực $\vec{F}$ tác dụng vào vật chỉ là lực đàn hồi của lò xo. Hơn nữa, ở vị trí vật có li độ x thì độ biến dạng của lò xo cũng bằng x ($\Delta l = x$). Do đó lực đàn hồi của lò xo $\vec{F} = -k\Delta\vec{l}$ có thể viết dưới dạng đại số như sau :

$$F = -kx \qquad (2.1)$$

2. Áp dụng định luật II Niu-tơn, ta được :

$$a = -\frac{k}{m}x \qquad (2.2)$$

3. Đặt $\omega^2 = \frac{k}{m}$ và so sánh công thức (2.2) với công thức (1.4) ta rút ra kết luận :

Dao động của con lắc lò xo là dao động điều hoà theo phương trình (1.1).

Tần số góc và chu kì của con lắc lò xo lần lượt là :

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad (2.3)$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad (2.4)$$



 Chứng minh rằng $\sqrt{\frac{m}{k}}$ có đơn vị là giây.

4. Lực kéo về

Lực luôn hướng về vị trí cân bằng gọi là *lực kéo về*. Lực kéo về có độ lớn *tỉ lệ với li độ* là lực gây ra gia tốc cho vật dao động điều hoà.

III - KHẢO SÁT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC LÒ XO VỀ MẶT NĂNG LƯỢNG

1. Động năng của con lắc lò xo

Động năng của con lắc lò xo là động năng của vật *m* :

$$W_đ = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (2.5)$$

2. Thế năng của con lắc lò xo

Ở lớp 10 ta đã biết, khi lò xo bị biến dạng thì hệ gồm lò xo và vật nhỏ, tức là con lắc lò xo, có thế năng đàn hồi $W_t = \frac{1}{2}k(\Delta l)^2$.

Thay $\Delta l = x$ vào, ta có công thức tính thế năng của con lắc lò xo như sau :

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 \qquad (2.6)$$

3. Cơ năng của con lắc lò xo. Sự bảo toàn cơ năng

a) Cơ năng của con lắc lò xo là tổng động năng và thế năng của con lắc.

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \qquad (2.7)$$

b) Ta có thể chứng minh rằng khi không có ma sát thì cơ năng của con lắc được bảo toàn. Nó chỉ biến đổi từ dạng thế năng sang động năng và ngược lại. Thật vậy, thay v từ công thức (1.3) và thay x từ công thức (1.1) vào công thức (2.7) ta được :

$$W = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t + \varphi)$$

Kết hợp với công thức (2.3), ta được :

C2 Hãy cho biết một cách định tính, thế năng và động năng của con lắc thay đổi thế nào khi nó đi từ vị trí biên về vị trí cân bằng và từ vị trí cân bằng đến vị trí biên.

$$\mathbf{W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \text{hằng số}} \qquad (2.8)$$

Công thức (2.8) cho thấy :

Cơ năng của con lắc tỉ lệ với bình phương của biên độ dao động.

Cơ năng của con lắc được bảo toàn nếu bỏ qua mọi ma sát.



- **Con lắc lò xo là một hệ dao động điều hoà.**
- **Công thức của lực kéo về tác dụng vào con lắc lò xo là :**

$$F = -kx$$

trong đó x là li độ của vật m ; k là độ cứng của lò xo ; dấu trừ chỉ rằng lực $\vec{F}$ luôn luôn hướng về vị trí cân bằng.

- **Chu kì dao động của con lắc lò xo là** $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
- **Động năng của con lắc lò xo là :**

$$W_đ = \frac{1}{2}mv^2 \quad (m \text{ là khối lượng của vật})$$

- **Thế năng của con lắc lò xo (mốc thế năng ở vị trí cân bằng) :**

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 \quad (x \text{ là li độ của vật } m)$$

Cơ năng của con lắc lò xo :

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \quad \text{hay :} \quad W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \text{hằng số}$$

Cơ năng của con lắc tỉ lệ với bình phương của biên độ dao động.

Cơ năng của con lắc được bảo toàn nếu bỏ qua mọi ma sát.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Khảo sát dao động của con lắc lò xo nằm ngang. Tìm công thức của lực kéo về.

2. Nêu công thức tính chu kì của con lắc lò xo.

3. Viết công thức của động năng, thế năng và cơ năng của con lắc lò xo.

Khi con lắc lò xo dao động điều hoà thì động năng và thế năng của con lắc biến đổi qua lại như thế nào ?

▼

4. Chọn đáp án đúng.

Công thức tính chu kì dao động của con lắc lò xo là :

A. $T = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ B. $T = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

C. $T = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$ D. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

5. Một con lắc lò xo dao động điều hoà. Lò xo có độ cứng $k = 40$ N/m. Khi vật m của con lắc đang qua vị trí có li độ $x = -2$ cm thì thế năng của con lắc là bao nhiêu ?

A. – 0,016 J. B. – 0,008 J.

C. 0,016 J. D. 0,008 J.

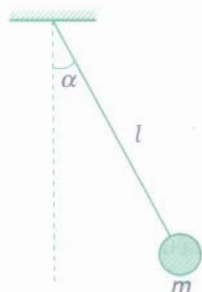
6. Một con lắc lò xo gồm một vật có khối lượng $m = 0,4$ kg và một lò xo có độ cứng $k = 80$ N/m. Con lắc dao động điều hoà với biên độ bằng 0,1 m. Hỏi tốc độ của con lắc khi qua vị trí cân bằng ?

A. 0 m/s. B. 1,4 m/s.

C. 2,0 m/s. D. 3,4 m/s.



CON LẮC ĐƠN



Hình 3.1

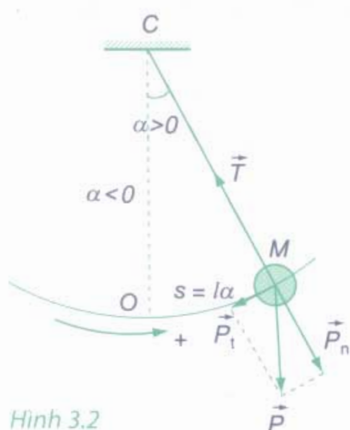
I - THẾ NÀO LÀ CON LẮC ĐƠN ?

1. Con lắc đơn gồm một vật nhỏ, khối lượng *m*, treo ở đầu của một sợi dây không dãn, khối lượng không đáng kể, dài *l* (H.3.1).

2. Vị trí cân bằng của con lắc là vị trí mà dây treo có phương thẳng đứng. Con lắc sẽ đứng yên mãi ở vị trí này nếu lúc đầu nó đứng yên. Kéo nhẹ quả cầu cho dây treo lệch khỏi vị trí cân bằng một góc rồi thả ra, ta thấy con lắc dao động quanh vị trí cân bằng trong mặt phẳng thẳng đứng đi qua điểm treo và vị trí ban đầu của vật.

Ta hãy xét xem dao động của con lắc đơn có phải là dao động điều hoà hay không.

II - KHẢO SÁT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC



Hình 3.2

1. Chọn chiều dương từ trái sang phải, gốc toạ độ cong tại vị trí cân bằng *O*. Khi ấy, vị trí của vật *m* được xác định bởi *li độ góc* $\alpha = \widehat{OCM}$ hay bởi *li độ cong* $s = \widehat{OM} = l\alpha$ (H.3.2). α và s có *giá trị dương* khi con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng theo chiều dương và ngược lại.

2. Trong khi dao động, vật chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P}$ và lực căng $\vec{T}$. Ta phân tích trọng lực $\vec{P}$ thành hai thành phần : Lực thành phần $\vec{P}_n$ theo phương vuông góc với quỹ đạo và lực thành phần $\vec{P}_t$ theo phương tiếp tuyến với quỹ đạo.

Lực căng $\vec{T}$ và lực thành phần $\vec{P}_n$ vuông góc với đường đi nên không làm thay đổi tốc độ của vật.

Hợp lực của chúng là lực hướng tâm giữ cho vật chuyển động trên cung tròn.

Lực thành phần $\vec{P}_t$ là lực kéo về và có giá trị đại số như sau :

$$P_t = -mg\sin\alpha \quad (3.1)$$

Công thức (3.1) cho thấy dao động của con lắc đơn nói chung không phải là dao động điều hoà.

Nếu li độ góc α nhỏ thì $\sin\alpha \approx \alpha$ (rad). Khi ấy, lực kéo về có độ lớn tỉ lệ với li độ. Thật vậy :

$$P_t = -mg\alpha = -mg\frac{s}{l} \quad (3.2)$$



So sánh công thức (3.2) với công thức (2.1), ta thấy $\frac{mg}{l}$ có vai trò của k. Do đó $\frac{l}{g}$ có vai trò của $\frac{m}{k}$ trong công thức tính chu kì của con lắc.

 Chứng tỏ rằng đối với những góc lệch nhỏ hơn 20° thì độ chênh lệch giữa $\sin\alpha$ và α (rad) không đến 1%.

Vậy, *khi dao động nhỏ ($\sin\alpha \approx \alpha$ (rad)), con lắc đơn dao động điều hoà* theo phương trình :

$$s = s_0\cos(\omega t + \varphi) \quad (3.3)$$

với chu kì : $$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.4)$$

trong đó $s_0 = l\alpha_0$ là biên độ dao động.



 Có nhận xét gì về chu kì của con lắc đơn ?

III - KHẢO SÁT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT NĂNG LƯỢNG

1. Động năng của con lắc đơn là động năng của vật (coi là chất điểm).

$$W_đ = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.5)$$

2. Thế năng của con lắc đơn là thế năng trọng trường của vật. Nếu chọn mốc tính thế năng là vị trí cân bằng thì thế năng của con lắc đơn ở li độ góc α là :

$$W_t = mgl(1 - \cos\alpha) \quad (3.6)$$

3. Nếu bỏ qua mọi ma sát thì cơ năng của con lắc (bao gồm thế năng và động năng của vật) được bảo toàn. Nó chỉ biến đổi từ dạng thế năng sang dạng động năng và ngược lại.

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\alpha) = \text{hằng số} \quad (3.7)$$

Công thức (3.7) đúng đối với mọi li độ góc $\alpha \leq 90^o$.

C3 Hãy mô tả một cách định tính sự biến đổi năng lượng của con lắc, khi nó đi từ vị trí biên về vị trí cân bằng và khi nó đi từ vị trí cân bằng ra vị trí biên.

C3

IV - ỨNG DỤNG : XÁC ĐỊNH GIA TỐC RƠI TỰ DO

Trong lĩnh vực địa chất, các nhà địa chất quan tâm đến những tính chất đặc biệt của lớp bề mặt Trái Đất và thường xuyên phải đo gia tốc trọng trường ở một nơi nào đó. Sau đây là một ví dụ.

Dùng một con lắc có chiều dài l tính đến tâm của quả cầu. Đo thời gian của một số dao động toàn phần, từ đó suy ra chu kì T. Sau đó ta tính g theo công thức $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$. Lặp lại thí nghiệm nhiều lần, mỗi lần rút ngắn chiều dài con lắc đi một đoạn. Lấy giá trị trung bình g ở các lần đo, ta được gia tốc rơi tự do tại nơi đó.

- **Khi dao động nhỏ ($\sin\alpha \approx \alpha$ (rad)), con lắc đơn dao động điều hoà với chu kì :**

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

- **Động năng của con lắc đơn : $W_đ = \frac{1}{2}mv^2$**
- **Thế năng của con lắc đơn ở li độ góc α :**

$$W_t = mgl(1 - \cos\alpha) \text{ (mốc tính thế năng ở vị trí cân bằng)}$$

- **Cơ năng của con lắc đơn được bảo toàn nếu bỏ qua mọi ma sát :**

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\alpha) = \text{hằng số}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Thế nào là con lắc đơn ? Khảo sát dao động của con lắc đơn về mặt động lực học. Chứng minh rằng khi dao động nhỏ ($\sin\alpha \approx \alpha$ (rad)), dao động của con lắc đơn là dao động điều hoà.

2. Viết công thức tính chu kì của con lắc đơn khi dao động nhỏ.

3. Viết biểu thức của động năng, thế năng và cơ năng của con lắc đơn ở vị trí có góc lệch α bất kì.

   Khi con lắc dao động thì động năng và thế năng của con lắc biến thiên như thế nào ?



4. Hãy chọn câu đúng.

   Chu kì của con lắc đơn dao động nhỏ ($\sin\alpha \approx \alpha$ (rad)) là :

   A. $T = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{l}{g}}$ B. $T = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$

   C. $T = \sqrt{2\pi\frac{l}{g}}$ D. $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

5. Hãy chọn câu đúng.

   Một con lắc đơn dao động với biên độ góc nhỏ. Chu kì của con lắc không thay đổi khi :

   A. thay đổi chiều dài của con lắc.

   B. thay đổi gia tốc trọng trường.

   C. tăng biên độ góc đến 30°.

   D. thay đổi khối lượng của con lắc.

6. Một con lắc đơn được thả không vận tốc đầu từ li độ góc α_0. Khi con lắc đi qua vị trí cân bằng thì tốc độ của quả cầu con lắc là bao nhiêu ?

   A. $\sqrt{gl(1-\cos\alpha_0)}$ B. $\sqrt{2gl\cos\alpha_0}$

   C. $\sqrt{2gl(1-\cos\alpha_0)}$ D. $\sqrt{gl\cos\alpha_0}$

7. Một con lắc đơn dài l = 2,00 m, dao động điều hoà tại một nơi có gia tốc rơi tự do g = 9,80 m/s^2. Hỏi con lắc thực hiện được bao nhiêu dao động toàn phần trong 5,00 phút ?

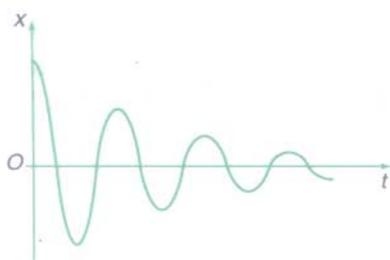
4 DAO ĐỘNG TẮT DẦN
DAO ĐỘNG CƯỠNG BỨC

- **Tại sao ô tô, xe máy lại cần có thiết bị giảm xóc ?**
- **Tại sao một đoàn quân đi đều bước qua cầu có thể làm sập cầu ?**
- **Tại sao giọng hát cao và khoẻ của nam ca sĩ người Ý En-ri-cô Ca-ru-xô lại có thể làm vỡ chiếc cốc thuỷ tinh để gần ?**

Trong các bài trước, ta đã giả thiết không có lực ma sát tác dụng vào con lắc. Con lắc dao động với biên độ và *tần số riêng* (kí hiệu là f_0) không đổi. Gọi là tần số riêng vì nó chỉ phụ thuộc vào các đặc tính của hệ dao động.

I - DAO ĐỘNG TẮT DẦN

1. Thế nào là dao động tắt dần ?



Hình 4.1

Trong thực tế, khi kéo con lắc ra khỏi vị trí cân bằng rồi thả cho nó dao động, ta thấy biên độ dao động giảm dần (H.4.1). Dao động như vậy gọi là *dao động tắt dần.*

2. Giải thích

Tại sao dao động lại tắt dần ? Khi con lắc dao động, nó chịu lực cản của không khí. Lực cản này cũng là một loại lực ma sát làm tiêu hao cơ năng của con lắc, chuyển hoá cơ năng dần dần thành nhiệt năng. Vì thế, biên độ dao động của con lắc giảm dần và cuối cùng con lắc dừng lại.

3. Ứng dụng

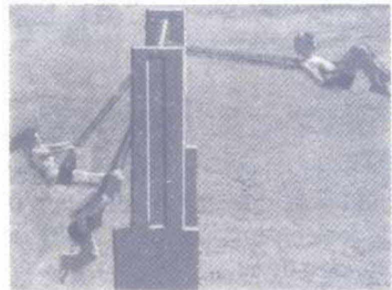
Các thiết bị đóng cửa tự động hay giảm xóc ô tô,... là những ứng dụng của dao động tắt dần.

Khi một người đẩy loại cửa tự khép để đi vào, cánh cửa dao động như một con lắc. Nhờ có thiết bị sinh ra lực làm dao động tắt dần mà cánh cửa tự

khép lại. Khi ô tô đi qua chỗ mấp mô, nó nảy lên rồi dao động giống như một con lắc lò xo làm hành khách khó chịu. Nhờ có thiết bị giảm xóc mà dao động của khung xe chóng tắt.

II - DAO ĐỘNG DUY TRÌ

1. Muốn giữ cho biên độ dao động của con lắc không đổi mà không làm thay đổi chu kì dao động riêng của nó, người ta dùng một thiết bị nhằm cung cấp cho nó sau mỗi chu kì một phần năng lượng đúng bằng phần năng lượng tiêu hao do ma sát. Dao động của con lắc được *duy trì* theo cách như vậy gọi là *dao động duy trì*.



Hình 4.2

Những người chơi đu biết duy trì dao động của chiếc đu bằng cách truyền năng lượng cho chiếc đu.

2. Dao động của con lắc đồng hồ là dao động duy trì. Với loại đồng hồ dùng dây cót, khi lên dây cót, ta đã tích luỹ vào dây cót một thế năng nhất định. Dây cót cung cấp năng lượng cho con lắc thông qua một cơ cấu trung gian. Cơ cấu này cho phép chính con lắc điều khiển sự cung cấp năng lượng theo chu kì riêng của nó. Ngày nay, người ta thường dùng loại đồng hồ điện tử. Loại đồng hồ này được cung cấp năng lượng bằng pin.

III - DAO ĐỘNG CƯỠNG BỨC

1. Thế nào là dao động cưỡng bức ?

Cách đơn giản nhất làm cho một hệ dao động không tắt là tác dụng vào nó một ngoại lực cưỡng bức tuần hoàn. Lực này cung cấp năng lượng cho hệ để bù lại phần năng lượng mất mát do ma sát. Khi ấy, dao động của hệ được gọi là *dao động cưỡng bức*.

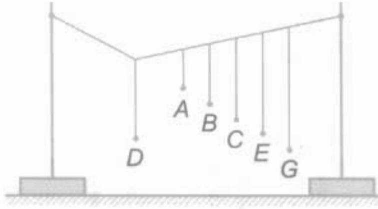
2. Ví dụ

Khi đến mỗi bến, xe buýt chỉ tạm dừng nên không tắt máy. Hành khách trên xe nhận thấy thân xe dao động. Đó là dao động cưỡng bức dưới tác dụng của lực cưỡng bức tuần hoàn gây ra bởi chuyển động của pit-tông trong xilanh của máy nổ.

3. Đặc điểm

Khác với dao động tắt dần, dao động cưỡng bức có những đặc điểm sau đây :

a) Dao động cưỡng bức có biên độ không đổi và có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.

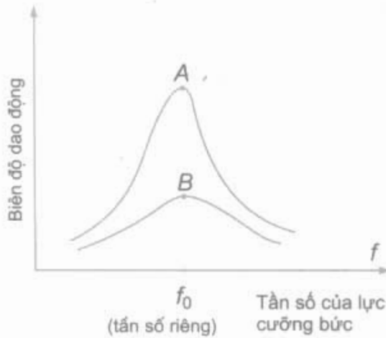


Hình 4.3

C1 Hãy làm thí nghiệm như Hình 4.3. Con lắc điều khiển *D* được kéo sang một bên rồi thả ra cho dao động.

a) Các con lắc khác có dao động không ?

b) Con lắc nào dao động mạnh nhất ? Tại sao ?



Hình 4.4

Đường cong *A* ứng với lực cản của môi trường nhỏ. Đường cong *B* ứng với lực cản của môi trường lớn.

C2 a) Tại sao biên độ dao động cưỡng bức của thân xe trong ví dụ III.2 lại nhỏ ?

b) Tại sao với một lực đẩy nhỏ ta có thể làm cho chiếc đu có người ngồi đung đưa với biên độ lớn ?

b) Biên độ của dao động cưỡng bức không chỉ phụ thuộc vào biên độ của lực cưỡng bức mà còn phụ thuộc cả vào độ chênh lệch giữa tần số của lực cưỡng bức và tần số riêng của hệ dao động. Khi tần số của lực cưỡng bức càng gần tần số riêng thì biên độ dao động cưỡng bức càng lớn.



IV - HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG

1. Định nghĩa

- Hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng đến giá trị cực đại khi tần số f của lực cưỡng bức tiến đến bằng tần số riêng f_0 của hệ dao động gọi là hiện tượng cộng hưởng.

Đường cong trên đồ thị Hình 4.4 gọi là đồ thị cộng hưởng. Nó càng nhọn khi lực cản của môi trường càng nhỏ.

Điều kiện $f = f_0$ gọi là *điều kiện cộng hưởng.*

2. Giải thích

Khi tần số của lực cưỡng bức bằng tần số riêng của hệ dao động thì hệ được cung cấp năng lượng một cách nhịp nhàng đúng lúc, do đó biên độ dao động của hệ tăng dần lên. Biên độ dao động đạt tới giá trị không đổi và cực đại khi tốc độ tiêu hao năng lượng do ma sát bằng tốc độ cung cấp năng lượng cho hệ.



3. Tầm quan trọng của hiện tượng cộng hưởng

Những hệ dao động như toà nhà, cầu, bệ máy, khung xe,... đều có tần số riêng. Phải cẩn thận không để cho các hệ ấy chịu tác dụng của các lực cưỡng bức mạnh có tần số bằng tần số riêng ấy. Nếu không, nó làm cho các hệ ấy dao động mạnh, dẫn đến đổ hoặc gãy. Câu chuyện về một giọng hát ôpêra cao và khoẻ có thể làm vỡ cái cốc uống rượu làm ta nghĩ đến hiện tượng cộng hưởng.

Hiện tượng cộng hưởng không chỉ có hại mà còn có lợi. Ví dụ, hộp đàn của các đàn ghita, viôlon... là những hộp cộng hưởng được cấu tạo sao cho không khí trong hộp có thể dao động cộng hưởng với nhiều tần số dao động khác nhau của dây đàn (xem chương sau).

Khi không có ma sát con lắc dao động điều hoà với tần số riêng. Gọi là tần số riêng vì nó chỉ phụ thuộc vào các đặc tính của con lắc.

Dao động có biên độ giảm dần theo thời gian gọi là dao động tắt dần. Nguyên nhân làm tắt dần dao động là do lực ma sát và lực cản của môi trường.

Dao động được duy trì bằng cách giữ cho biên độ không đổi mà không làm thay đổi chu kì dao động riêng gọi là dao động duy trì.

Dao động chịu tác dụng của một ngoại lực cưỡng bức tuần hoàn gọi là dao động cưỡng bức. Dao động cưỡng bức có biên độ không đổi và có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.

Hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng dần lên đến giá trị cực đại khi tần số f của lực cưỡng bức bằng tần số riêng f_0 của hệ dao động gọi là hiện tượng cộng hưởng.

Điều kiện cộng hưởng : $f = f_0$.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Nêu đặc điểm của dao động tắt dần. Nguyên nhân của nó là gì ?

2. Nêu đặc điểm của dao động duy trì.

3. Nêu đặc điểm của dao động cưỡng bức.

4. Hiện tượng cộng hưởng là gì ? Nêu điều kiện để có cộng hưởng. Cho một ví dụ.

5. Một con lắc dao động tắt dần. Cứ sau mỗi chu kì, biên độ giảm 3%. Phần năng lượng của con lắc bị mất đi trong một dao động toàn phần là bao nhiêu ?

A. 3%. B. 9%.

C. 4,5%. D. 6%.

6. Một con lắc dài 44 cm được treo vào trần của một toa xe lửa. Con lắc bị kích động mỗi khi bánh của toa xe gặp chỗ nối nhau của đường ray. Hỏi tàu chạy thẳng đều với tốc độ bằng bao nhiêu thì biên độ dao động của con lắc sẽ lớn nhất ? Cho biết chiều dài của mỗi đường ray là 12,5 m. Lấy $g = 9,8$ m/s^2.

A. 10,7 km/h. B. 34 km/h.

C. 106 km/h. D. 45 km/h.



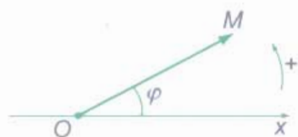
TỔNG HỢP HAI DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ CÙNG PHƯƠNG, CÙNG TẦN SỐ PHƯƠNG PHÁP GIẢN ĐỒ FRE-NEN

Trong chương sau, ta sẽ gặp nhiều trường hợp một vật chịu tác động đồng thời của nhiều dao động. Chẳng hạn như màng nhĩ của tai, màng rung của micrô... thường xuyên nhận được nhiều dao động gây ra bởi các sóng âm. Hay như khi các sóng cùng truyền tới một điểm của môi trường thì điểm đó nhận được cùng một lúc các dao động gây ra bởi các sóng. Trong những trường hợp ấy, vật sẽ dao động như thế nào ?

Trong bài này, ta chỉ xét hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số.

I - VECTƠ QUAY

Ở bài 1 ta đã biết, khi điểm M chuyển động tròn đều thì vectơ vị trí $\overrightarrow{OM}$ quay đều với cùng tốc độ góc ω. Khi ấy $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ là phương trình của hình chiếu của vectơ quay $\overrightarrow{OM}$ lên trục x. Dựa vào đó người ta đưa ra cách biểu diễn phương trình của dao động điều hoà bằng *một vectơ quay được vẽ tại thời điểm ban đầu* (H.5.1). Vectơ quay có những đặc điểm sau đây :



Hình 5.1

– Có gốc tại gốc toạ độ của trục Ox ;

– Có độ dài bằng biên độ dao động, $OM = A$;

– Hợp với trục Ox một góc bằng pha ban đầu (chọn chiều dương là chiều dương của đường tròn lượng giác).

C1 Hãy biểu diễn dao động điều hoà $x = 3\cos(5t + \frac{\pi}{3})$ (cm) bằng một vectơ quay.



II - PHƯƠNG PHÁP GIẢN ĐỒ FRE-NEN

1. Đặt vấn đề

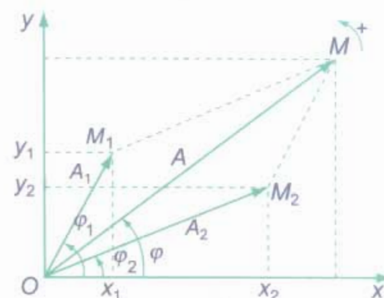
Giả sử ta phải tìm li độ của dao động tổng hợp của hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số sau đây :

$$x_1 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1)$$
$$x_2 = A_2\cos(\omega t + \varphi_2)$$

Ta có thể tìm được li độ của dao động tổng hợp bằng cách tính tổng đại số hai li độ của hai dao động thành phần : $x = x_1 + x_2$. Cách tính này chỉ dễ dàng nếu $A_1 = A_2$. Vì thế trong trường hợp $A_1 \neq A_2$, người ta thường dùng một phương pháp khác thuận tiện hơn, gọi là *phương pháp giản đồ Fre-nen*, do nhà vật lí Fre-nen đưa ra.

2. Phương pháp giản đồ Fre-nen

a) Ta lần lượt vẽ hai vectơ quay $\overrightarrow{OM_1}$ và $\overrightarrow{OM_2}$ biểu diễn hai li độ $x_1 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1)$ và $x_2 = A_2\cos(\omega t + \varphi_2)$ *tại thời điểm ban đầu*. Sau đó ta vẽ vectơ $\overrightarrow{OM}$ là tổng của hai vectơ trên. Vì hai vectơ $\overrightarrow{OM_1}$ và $\overrightarrow{OM_2}$ có cùng một tốc độ góc ω nên hình bình hành OM_1MM_2 không biến dạng và quay với tốc độ góc ω. Vectơ đường chéo $\overrightarrow{OM}$ cũng là một vectơ quay với tốc độ góc ω quanh gốc toạ độ O (H.5.2).



Hình 5.2

Vì tổng các hình chiếu của hai vectơ $\overrightarrow{OM_1}$ *và* $\overrightarrow{OM_2}$ lên trục Ox bằng hình chiếu của vectơ tổng $\overrightarrow{OM}$ lên trục đó, nên vectơ quay $\overrightarrow{OM}$ biểu diễn phương trình dao động điều hoà tổng hợp $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

Vậy, ***dao động tổng hợp của hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số là một dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số với hai dao động đó.***

b) Độ lớn của vectơ quay $\overrightarrow{OM}$ bằng biên độ dao động tổng hợp, còn góc φ mà vectơ $\overrightarrow{OM}$ hợp với trục Ox là pha ban đầu của dao động tổng hợp.

Trong trường hợp tổng quát, biên độ và pha ban đầu được tính bằng các công thức sau đây :

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (5.1)$$

$$\tan\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2} \quad (5.2)$$

C2 Hãy tìm lại hai công thức (5.1) và (5.2).

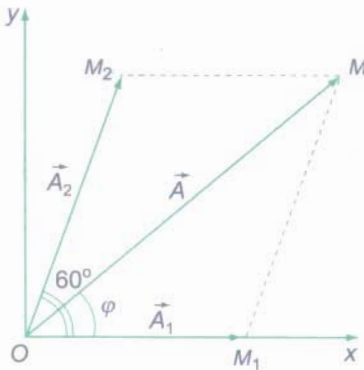
C2

3. Ảnh hưởng của độ lệch pha

Từ công thức (5.1) ta thấy biên độ của dao động tổng hợp phụ thuộc vào các biên độ A_1, A_2 và *độ lệch pha* $(\varphi_2 - \varphi_1)$ của các dao động thành phần.

Nếu các dao động thành phần *cùng pha*, tức $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 2n\pi$, $(n = 0, \pm 1, \pm 2, ...)$, thì biên độ dao động tổng hợp là lớn nhất và bằng tổng hai biên độ : $A = A_1 + A_2$.

Nếu hai dao động thành phần *ngược pha*, tức $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (2n+1)\pi$, $(n = 0, \pm 1, \pm 2, ...)$, thì biên độ dao động tổng hợp là nhỏ nhất và bằng trị tuyệt đối của hiệu hai biên độ : $A = |A_1 - A_2|$.



Hình 5.3

4. Ví dụ

Cho hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số :

$$x_1 = 3\cos(5\pi t) \text{ (cm)}$$

$$x_2 = 4\cos(5\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ (cm)}$$

Tìm phương trình của dao động tổng hợp.

Giải : Ta vẽ hai vectơ quay $\overline{OM_1}$ và $\overline{OM_2}$ biểu diễn hai dao động thành phần tại thời điểm ban đầu (H.5.3).

Áp dụng hai công thức (5.1) và (5.2), ta được :

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$A = \sqrt{3^2 + 4^2 + 2.3.4.\cos 60^\circ} = 6,08 \approx 6,1 \text{ cm}$$

$$\tan\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2} = \frac{0 + 4\sin 60^\circ}{3 + 4\cos 60^\circ} = 0,6928$$

$$\Rightarrow \varphi = 34,7^\circ \approx 0,19\pi$$

Vậy phương trình của dao động tổng hợp là :

$$x = 6,1\cos(5\pi t + 0,19\pi) \text{ (cm)}$$

Mỗi dao động điều hoà được biểu diễn bằng một vectơ quay. Vectơ này có gốc tại gốc toạ độ của trục *Ox*, có độ dài bằng biên độ dao động *A* và hợp với trục *Ox* một góc bằng pha ban đầu φ.

Phương pháp giản đồ Fre-nen : Lần lượt vẽ hai vectơ quay biểu diễn hai phương trình dao động thành phần. Sau đó vẽ vectơ tổng của hai vectơ trên. Vectơ tổng là vectơ quay biểu diễn phương trình của dao động tổng hợp.

Biên độ và pha ban đầu của dao động tổng hợp được tính bằng các công thức sau đây :

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\tan\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Nêu cách biểu diễn một dao động điều hoà bằng một vectơ quay.

2. Trình bày phương pháp giản đồ Fre-nen để tìm dao động tổng hợp của hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số.

3. Nêu ảnh hưởng của độ lệch pha $(\varphi_2 - \varphi_1)$ đến biên độ của dao động tổng hợp trong các trường hợp :

a) Hai dao động thành phần cùng pha.

b) Hai dao động thành phần ngược pha.

c) Hai dao động thành phần có pha vuông góc

$$(\varphi_2 - \varphi_1 = \pm\frac{\pi}{2} + 2n\pi).$$

4. Chọn đáp án đúng.

Hai dao động là ngược pha khi :

A. $\varphi_2 - \varphi_1 = 2n\pi$.

B. $\varphi_2 - \varphi_1 = n\pi$.

C. $\varphi_2 - \varphi_1 = (n-1)\pi$.

D. $\varphi_2 - \varphi_1 = (2n-1)\pi$.

5. Xét một vectơ quay $\overrightarrow{OM}$ có những đặc điểm sau :

– Có độ lớn bằng hai đơn vị chiều dài.

– Quay quanh O với tốc độ góc 1 rad/s.

– Tại thời điểm $t = 0$, vectơ $\overrightarrow{OM}$ hợp với trục Ox một góc 30^o.

Hỏi vectơ quay $\overrightarrow{OM}$ biểu diễn phương trình của dao động điều hoà nào ?

A. $x = 2\cos(t - \frac{\pi}{3})$.

B. $x = 2\cos(t + \frac{\pi}{6})$.

C. $x = 2\cos(t - 30^o)$.

D. $x = 2\cos(t + \frac{\pi}{3})$.

6. Cho hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số góc $\omega = 5\pi$ rad/s, với các biên độ :

$A_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ cm, $A_2 = \sqrt{3}$ cm và các pha ban đầu tương ứng $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$ và $\varphi_2 = \frac{5\pi}{6}$.

Tìm phương trình dao động tổng hợp của hai dao động trên.

6 Thực hành : KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM CÁC ĐỊNH LUẬT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN



Hình 6.1

I - MỤC ĐÍCH

Khảo sát thực nghiệm để phát hiện ảnh hưởng của biên độ, khối lượng, chiều dài con lắc đơn đối với chu kì dao động T. Từ đó tìm ra công thức tính chu kì $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ và ứng dụng tính gia tốc trọng trường g tại nơi làm thí nghiệm.

II - DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

Ba quả nặng có móc treo 50 g ; một sợi dây mảnh dài 1 m ; một giá thí nghiệm dùng treo con lắc đơn, có cơ cấu điều chỉnh chiều dài con lắc đơn ; một đồng hồ bấm giây (sai số ± 0,2 s) hoặc đồng hồ đo thời gian hiện số có cổng quang điện ; một thước 500 mm ; một tờ giấy kẻ ô milimét (hoặc giấy kẻ ô vuông).

III - TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

1. Chu kì dao động *T* của con lắc đơn phụ thuộc vào biên độ dao động như thế nào ?

– Chọn quả nặng có khối lượng $m = 50$ g, mắc vào đầu tự do của sợi dây mảnh không dãn treo trên giá thí nghiệm để tạo thành con lắc đơn. Điều chỉnh chiều dài con lắc đơn (tính từ điểm treo cố định đến trọng tâm của quả nặng) đúng bằng 50,0 cm.

Kéo quả nặng lệch khỏi vị trí cân bằng một khoảng $A = 3$ cm cho dây treo con lắc nghiêng đi một góc α so với phương thẳng đứng rồi thả cho nó tự do dao động. Đo thời gian t con lắc thực hiện 10 dao động toàn phần và ghi kết quả đo vào Bảng 6.1.

– Thực hiện phép đo trên với các giá trị khác nhau của biên độ A (A = 3, 6, 9, 18 cm) rồi ghi tiếp các kết quả đo vào Bảng 6.1.

Bảng 6.1 $m = 50$ g, $l = 50,0$ cm

A (cm)	$\sin\alpha = \frac{A}{l}$	Góc lệch α (°)	Thời gian 10 dao động t (s)	Chu kì T (s)
$A_1 = 3,0$	.....	.....	t_1 = ... ±	T_1 = ... ± .....
$A_2 = 6,0$	.....	.....	t_2 = ... ±	T_2 = ... ± .....
$A_3 = 9,0$	.....	.....	t_3 = ... ±	T_3 = ... ± .....
$A_4 = 18$	.....	.....	t_4 = ... ±	T_4 = ... ± .....

Tính các giá trị $\sin\alpha$, α, t, T theo Bảng 6.1, từ đó rút ra *định luật về chu kì của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ.*

2. Chu kì dao động của con lắc đơn phụ thuộc vào khối lượng *m* của con lắc như thế nào ?

Mắc thêm các quả nặng để thay đổi khối lượng của con lắc đơn (m = 50, 100, 150 g), đồng thời điều chỉnh độ dài dây treo để giữ cho độ dài l của con lắc đơn không thay đổi vẫn đúng bằng 50,0 cm (lưu ý rằng khi thay đổi hoặc thêm bớt quả nặng thì trọng tâm của m đương nhiên sẽ thay đổi). Đo thời gian t con lắc thực hiện 10 dao động toàn phần với biên độ đủ nhỏ (xác định theo kết quả đo trên Bảng 6.1) ứng với mỗi trường hợp, rồi ghi kết quả vào Bảng 6.2.

Bảng 6.2 $l = 50,0$ cm, A = ... cm

m (g)	Thời gian 10 dao động t(s)	Chu kì T (s)
50	....	T_A = ... ± ..... (s)
100	....	T_B = ... ± ..... (s)
150	....	T_C = ... ± ..... (s)

Tính chu kì T theo Bảng 6.2, so sánh T_A với T_B và T_C để rút ra *định luật về khối lượng của con lắc đơn*.

Phát biểu định luật về khối lượng của con lắc đơn dao động nhỏ ($\alpha < 10^o$) : ....

....

3. Chu kì dao động của con lắc đơn phụ thuộc chiều dài con lắc như thế nào ?

– Dùng con lắc đơn có m = 50 g, chiều dài l_1 = 50,0 cm và đo thời gian 10 dao động toàn phần để xác định chu kì T_1. Ghi vào Bảng 6.3.

– Thay con lắc đơn có chiều dài lần lượt là l_2 rồi l_3 (thay đổi tuỳ chọn từ 40 cm đến 60 cm) để đo thời gian 10 dao động toàn phần và xác định chu kì T_2 và T_3.

– Tính bình phương các chu kì T_1^2, T_2^2, T_3^2 và các tỉ số

$$\frac{T_1^2}{l_1}, \frac{T_2^2}{l_2}, \frac{T_3^2}{l_3}$$

– Ghi các kết quả đo và tính được vào Bảng 6.3.

Bảng 6.3

Chiều dài l (cm)	Thời gian $t = 10T$ (s)	Chu kì T (s)	T^2 (s^2)	$\frac{T^2}{l}$ (s^2/cm)
l_1 = ... ±	t_1 = ... ±	T_1 = ... ±	T_1^2 = ... ±	$\frac{T_1^2}{l_1}$ = ... ± .....
l_2 = ... ±	t_2 = ... ±	T_2 = ... ±	T_2^2 = ... ±	$\frac{T_2^2}{l_2}$ = ... ± .....
l_3 = ... ±	t_3 = ... ±	T_3 = ... ±	T_3^2 = ... ±	$\frac{T_3^2}{l_3}$ = ... ± .....

– Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của T vào chiều dài l của con lắc đơn. Rút ra nhận xét.

– Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của T^2 vào chiều dài l của con lắc đơn. Rút ra nhận xét.

– Phát biểu định luật về chiều dài của con lắc đơn :

....

....

....

4. Kết luận

a) Từ các kết quả nhận được ở trên suy ra : Chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ, tại cùng một nơi, không phụ thuộc vào .... mà tỉ lệ với .... của con lắc theo công thức : $T = a.\sqrt{l}$, trong đó kết quả thí nghiệm cho ta giá trị a = ...

b) Theo công thức lí thuyết về chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ (góc lệch) nhỏ :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (*)$$

trong đó $\frac{2\pi}{\sqrt{g}} \approx 2$ (với g lấy bằng 9,8 m/s^2)

So sánh kết quả đo a cho thấy công thức (*) đã được (không được) nghiệm đúng.

c) Tính gia tốc trọng trường g tại nơi làm thí nghiệm theo giá trị a thu được từ thực nghiệm.

BÁO CÁO THỰC HÀNH

KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM CÁC ĐỊNH LUẬT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN

Họ và tên : ....Lớp : .... Tổ : ....

Ngày làm thực hành : ....

I - MỤC ĐÍCH THỰC HÀNH

....

II - CƠ SỞ LÍ THUYẾT : Trả lời các câu hỏi sau.

1. Con lắc đơn có cấu tạo như thế nào ? Chiều dài l của con lắc đơn được đo như thế nào ?

2. Cần làm thế nào để phát hiện ra sự phụ thuộc của chu kì dao động T của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ vào biên độ dao động ?

3. Cần làm thế nào để phát hiện ra sự phụ thuộc của chu kì dao động T của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ vào chiều dài l của con lắc đơn ?

4. Làm cách nào để xác định chu kì T với sai số $\Delta T = 0{,}02$ s khi dùng đồng hồ có kim giây ? Cho biết sai số khi dùng đồng hồ này là ± 0,2 s (gồm sai số chủ quan khi bấm và sai số dụng cụ).

III - KẾT QUẢ

1. Khảo sát ảnh hưởng của biên độ dao động đối với chu kì *T* của con lắc đơn

– Chu kì $T_1 = \dfrac{t_1}{10}$ = ... ; $T_2 = \dfrac{t_2}{10}$ = ... ; $T_3 = \dfrac{t_3}{10}$ = ...

– Phát biểu định luật về chu kì của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ :

....

2. Khảo sát ảnh hưởng của khối lượng con lắc *m* đối với chu kì dao động *T*

Con lắc khối lượng m_A có chu kì T_A = ... ± ..... (s).

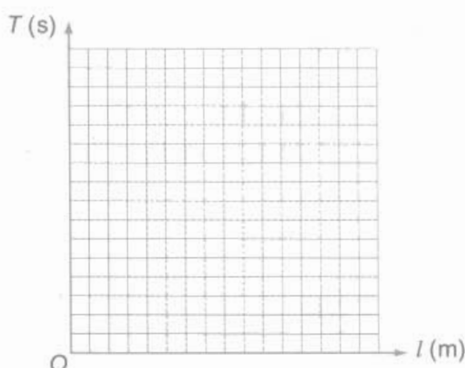
Con lắc khối lượng m_B có chu kì T_B = ... ± ..... (s).

Con lắc khối lượng m_C có chu kì T_C = ... ± ..... (s).

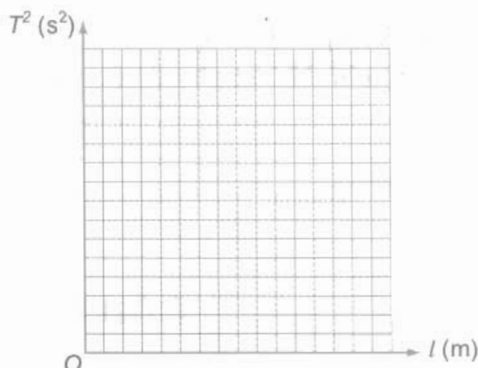
Phát biểu định luật về khối lượng của con lắc đơn : ....

3. Khảo sát ảnh hưởng của chiều dài con lắc đơn *l* đối với chu kì dao động *T*

Căn cứ các kết quả đo và tính được theo Bảng 6.3, vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của T vào l và đồ thị phụ thuộc của T^2 vào l :



Hình 6.1
Đồ thị $T = f(l)$



Hình 6.2
Đồ thị $T^2 = F(l)$

Nhận xét

a) Đường biểu diễn $T = f(l)$ có dạng .... cho thấy rằng : Chu kì dao động T .... với độ dài con lắc đơn.

Đường biểu diễn $T^2 = F(l)$ có dạng .... cho thấy rằng : Bình phương chu kì dao động T^2 .... với độ dài con lắc đơn. $T^2 = kl$, suy ra $T = a.\sqrt{l}$.

– *Phát biểu định luật về chiều dài của con lắc đơn* :

"Chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ, tại cùng một nơi, không phụ thuộc vào .... mà tỉ lệ với .... của độ dài con lắc, theo công thức : $T = a.\sqrt{l}$, với $a = \sqrt{k}$, trong đó a là hệ số góc của đường biểu diễn $T^2 = F(l)$.

b) Công thức lí thuyết về chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ (góc lệch) nhỏ :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

đã được nghiệm đúng, với tỉ số : $\dfrac{2\pi}{\sqrt{g}} = a =$ ....

Từ đó tính được gia tốc trọng trường tại nơi làm thí nghiệm :

$$g = \frac{4\pi^2}{a^2} = \text{................ } (m/s^2)$$

(Không yêu cầu xác định sai số phép đo)

4. Xác định công thức về chu kì dao động của con lắc đơn

Từ các kết quả thực nghiệm suy ra : Chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ không phụ thuộc vào .... mà tỉ lệ .... của chiều dài l con lắc đơn và tỉ lệ.................. .... của gia tốc rơi tự do tại nơi làm thí nghiệm, hệ số tỉ lệ bằng .... $T =$ ....

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

?

1. Dự đoán xem chu kì dao động T của một con lắc đơn phụ thuộc vào những đại lượng đặc trưng l, m, α của nó như thế nào ? Làm cách nào để kiểm tra từng dự đoán đó bằng thí nghiệm ?

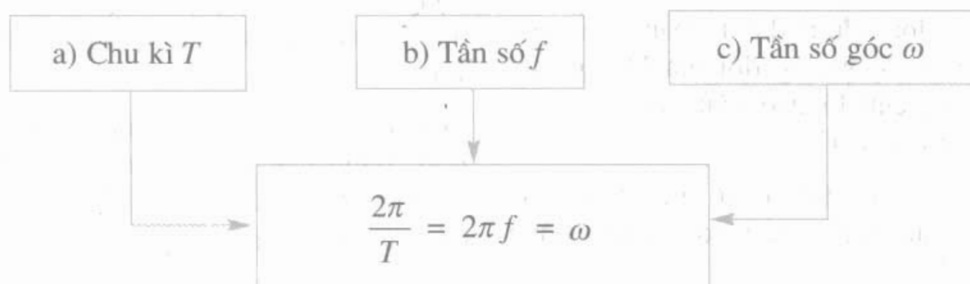
2. Chu kì dao động của con lắc đơn có phụ thuộc vào nơi làm thí nghiệm hay không ? Làm cách nào để phát hiện điều đó bằng thí nghiệm ?

3. Có thể đo chu kì con lắc đơn có chiều dài $l < 10$ cm hay không ? Vì sao ?

4. Dùng con lắc dài hay ngắn sẽ cho kết quả chính xác hơn khi xác định gia tốc rơi tự do g tại nơi làm thí nghiệm ?

TỔNG KẾT CHƯƠNG I DAO ĐỘNG CƠ

1. Các đại lượng đặc trưng cho tính tuần hoàn của dao động điều hoà



2. Phương trình của dao động điều hoà. Công thức của vận tốc và gia tốc

a) Phương trình của dao động điều hoà :

$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$

(x là li độ của vật dao động)

b) Công thức của vận tốc :

$$v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$$

c) Công thức của gia tốc :

$$a = v' = -\omega^2 x$$

3. Con lắc lò xo

a) Lực kéo về :

$$F = -kx$$

(x là li độ của vật m)

b) Chu kì : $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

c) Cơ năng của con lắc

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

(mốc thế năng ở vị trí cân bằng)

Nếu bỏ qua mọi ma sát thì cơ năng của con lắc là hằng số.

4. Con lắc đơn

a) Lực kéo về (khi biên độ góc nhỏ) :

$$F = -\frac{mg}{l}s$$

(s là li độ cong của vật m)

b) Chu kì (khi biên độ góc nhỏ) :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

c) Cơ năng (biên độ góc α có thể lớn đến 90^{0}) :

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\alpha)$$

Nếu bỏ qua mọi ma sát thì cơ năng của con lắc là hằng số.

Dao động tắt dần. Dao động cưỡng bức. Cộng hưởng

a) Dao động có biên độ giảm dần theo thời gian gọi là dao động tắt dần.

b) Dao động được duy trì bằng cách giữ cho biên độ không đổi mà không làm thay đổi chu kì dao động riêng gọi là dao động duy trì.

c) Dao động gây ra bởi một ngoại lực cưỡng bức tuần hoàn gọi là dao động cưỡng bức.

d) Hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng đến giá trị cực đại khi tần số f của lực cưỡng bức bằng tần số riêng f_0 của hệ dao động gọi là hiện tượng cộng hưởng. Điều kiện cộng hưởng : $f = f_0$.

6. Phương pháp giản đồ Fre-nen

a) Mỗi dao động điều hoà được biểu diễn bằng một vectơ quay, vẽ tại thời điểm ban đầu.

b) Phép cộng đại số hai li độ của dao động điều hoà cùng phương cùng tần số được thay thế bằng phép tổng hợp hai vectơ quay.

c) Vectơ tổng biểu diễn dao động tổng hợp. Bằng các tính toán trên giản đồ Fre-nen, ta tìm được biên độ và pha ban đầu của dao động tổng hợp.

CHƯƠNG II
Sóng cơ và sóng âm



Sóng nước

- Sóng và sự truyền sóng. Tần số sóng, bước sóng, phương trình sóng.
- Giao thoa sóng. Sóng dừng.
- Các đặc trưng vật lí và các đặc trưng sinh lí của âm.

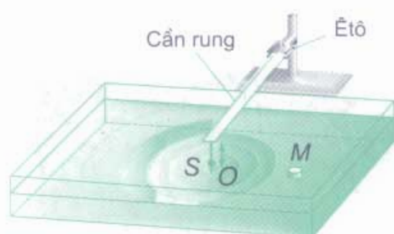
7 SÓNG CƠ VÀ SỰ TRUYỀN SÓNG CƠ

Đi tắm biển chẳng ai là không thích thú trước các con sóng bạc đầu từ ngoài khơi chạy xô vào bờ. Nhưng mấy ai đã biết sóng được hình thành như thế nào và có những đặc điểm gì.

I – SÓNG CƠ

1. Thí nghiệm

Một cần rung, tạo bởi một thanh thép mỏng, đàn hồi, một đầu được kẹp chặt bằng êtô, đầu kia có gắn một mũi nhọn S (H.7.1). Dưới cần rung có một chậu nước rộng.



Hình 7.1

a) Ban đầu, đặt cần rung cho mũi S cao hơn mặt nước. Gõ nhẹ cho cần rung dao động nhưng mũi S không chạm mặt nước, ta thấy mẩu nút chai nhỏ ở M vẫn bất động.

b) Hạ cần rung thấp xuống, cho mũi S vừa chạm vào mặt nước tại O. Lại gõ nhẹ cho cần rung dao động, ta thấy sau một thời gian ngắn, mẩu nút chai cũng dao động. Vậy, dao động từ O đã truyền qua nước tới M. Ta nói, đã có *sóng* trên mặt nước và O là *nguồn sóng*. C1

C1 Khi O dao động, mặt nước có hình dạng như thế nào ? Có thấy mẩu nút chai bị đẩy ra xa O không ?

2. Định nghĩa

Sóng cơ là dao động cơ lan truyền trong một môi trường.

Ta thấy các gợn sóng phát đi từ nguồn O đều là những đường tròn tâm O. Vậy, sóng nước truyền theo các phương khác nhau trên mặt nước với *cùng một tốc độ v*.

3. Sóng ngang

Trong thí nghiệm ở Hình 7.1, các phần tử của mặt nước tại O, rồi tại M dao động lên, xuống theo phương thẳng đứng, trong khi sóng truyền từ O tới M theo phương nằm ngang.

Sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng gọi là sóng ngang.

Vậy, sóng được tạo ra trong thí nghiệm trên (sóng mặt nước) là sóng ngang.

Trừ trường hợp sóng mặt nước, còn sóng ngang chỉ truyền được trong chất rắn.

4. Sóng dọc



Hình 7.2

Ta hãy quan sát sự truyền sóng trên một lò xo ống dài và mềm. Đặt lò xo trên mặt bàn nằm ngang, không ma sát, sao cho các vòng lò xo có thể trượt dễ dàng trên mặt bàn. Một tay giữ cố định một đầu lò xo, một tay nén và dãn nhanh đầu kia của lò xo rồi giữ yên. Ta thấy xuất hiện các biến dạng nén và dãn lan truyền dọc theo trục lò xo (H.7.2).

Ta còn thấy rằng, mỗi vòng lò xo chỉ dao động quanh vị trí cân bằng của mình theo phương song song với trục lò xo, trong khi sóng thì tiếp tục truyền đi đến đầu kia của lò xo.

Sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương trùng với phương truyền sóng gọi là sóng dọc.

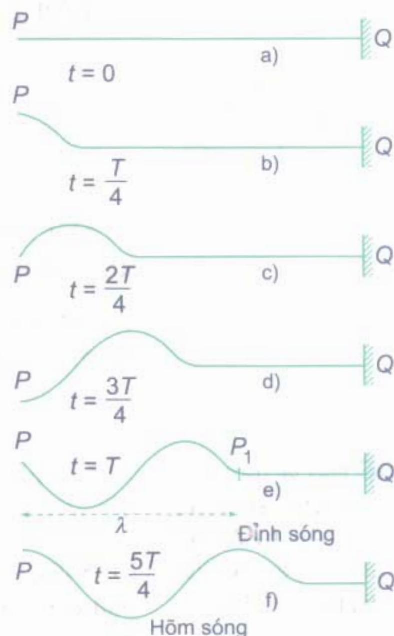
Sóng dọc truyền được cả trong chất khí, chất lỏng và chất rắn.

Sóng cơ không truyền được trong chân không.

II - CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA MỘT SÓNG HÌNH SIN

1. Sự truyền của một sóng hình sin

Dùng một sợi dây mềm, dài, căng ngang, đầu Q gắn vào tường, còn đầu P gắn vào một cần rung có tần số thấp mà ta không vẽ trên hình (H.7.3a). Cho cần rung dao động, làm đầu P của dây dao động điều hoà theo phương thẳng đứng. Trên dây xuất hiện một sóng cơ có dạng hình sin lan truyền về đầu Q.



Hình 7.3

Ta gọi đó là một sóng hình sin. Hình 7.3 biểu diễn hình dạng của sợi dây tại các thời điểm :

$$t = 0,\ t = \frac{T}{4},\ t = \frac{2T}{4},\ t = \frac{3T}{4} \ldots$$

với T là chu kì dao động của P.

Hình 7.3e cho thấy rằng, sau thời gian T, dao động của điểm P đã truyền tới điểm P_1, ở cách P một đoạn :

$$PP_1 = \lambda = \upsilon T$$

và P_1 bắt đầu dao động hoàn toàn giống như P.

Dao động từ P_1 lại tiếp tục truyền xa hơn, thành thử dây có dạng một đường hình sin, với các đỉnh không cố định mà dịch chuyển theo phương truyền sóng với tốc độ υ.

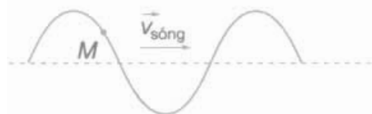
2. Các đặc trưng của một sóng hình sin

Sóng hình sin được đặc trưng bằng các đại lượng sau đây :

a) Biên độ của sóng : Biên độ A của sóng là biên độ dao động của một phần tử của môi trường có sóng truyền qua.

b) Chu kì (hoặc tần số) của sóng : Chu kì T của sóng là chu kì dao động của một phần tử của môi trường có sóng truyền qua.

Đại lượng $f = \frac{1}{T}$ gọi là tần số của sóng.



Hình 7.4

c) Tốc độ truyền sóng : Tốc độ truyền sóng υ là tốc độ lan truyền dao động trong môi trường.

Đối với mỗi môi trường, tốc độ truyền sóng υ có một giá trị không đổi.

d) Bước sóng : Bước sóng λ là quãng đường mà sóng truyền được trong một chu kì.

$$\lambda = \upsilon T = \frac{\upsilon}{f} \qquad (7.1)$$

Hai phần tử cách nhau một bước sóng thì dao động đồng pha với nhau.

C2 Hãy vẽ một mũi tên chỉ chuyển động của phần tử M khi sóng truyền từ trái sang phải (H.7.4).

e) Năng lượng sóng : Năng lượng sóng là năng lượng dao động của các phần tử của môi trường có sóng truyền qua.



III - PHƯƠNG TRÌNH SÓNG

Xét một sóng hình sin đang lan truyền trong một môi trường theo trục x, sóng này phát ra từ một nguồn đặt tại điểm O (H.7.5). Chọn gốc toạ độ tại O và chọn gốc thời gian sao cho phương trình dao động tại O là :

$$u_O = A\cos\omega t \qquad (7.2)$$

trong đó u_O là li độ tại O vào thời điểm t, còn t trong (7.2) là thời gian dao động của nguồn (H.7.5).

Sau khoảng thời gian Δt, dao động từ O truyền đến M cách O một khoảng $x = \upsilon\Delta t$ (υ là tốc độ truyền sóng) làm phần tử tại M dao động. Do dao động tại M muộn hơn dao động tại O một khoảng thời gian Δt nên dao động tại M vào thời điểm t giống như dao động tại O vào thời điểm $t_1 = t - \Delta t$ trước đó. Vì thế phương trình dao động tại M là :

$$u_M = A\cos\omega(t - \Delta t) \qquad (7.3)$$

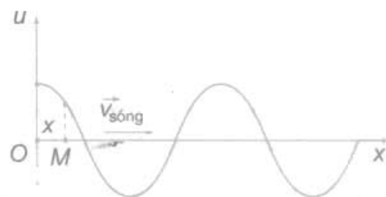
trong đó u_M là li độ tại M vào *thời điểm t*. Còn $(t - \Delta t)$ là thời gian dao động của phần tử tại M.

Thay $\Delta t = \dfrac{x}{\upsilon}$ và $\lambda = \upsilon T$ vào (7.3), ta được :

$$u_M = A\cos\omega\left(t - \frac{x}{\upsilon}\right) = A\cos2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \qquad (7.4)$$

Phương trình (7.4) là *phương trình của một sóng hình sin truyền theo trục x*. Nó cho biết li độ u của phần tử có toạ độ x vào thời điểm t.

Phương trình (7.4) là một hàm vừa tuần hoàn theo thời gian, vừa tuần hoàn theo không gian. Thật vậy, cứ sau mỗi chu kì T thì dao động tại một điểm trên trục x lại lặp lại giống như trước. Và cứ cách nhau một bước sóng λ trên trục x thì dao động tại các điểm lại giống hệt nhau (tức đồng pha với nhau).



Hình 7.5
Sóng hình sin tại thời điểm t

Dựa vào Hình 7.5, hãy tìm những điểm dao động đồng pha với nhau.

- Sóng cơ là dao động cơ lan truyền trong một môi trường.
- Sóng ngang là sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng.
- Sóng dọc là sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương trùng với phương truyền sóng.
- Bước sóng λ là quãng đường mà sóng truyền được trong một chu kì :

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

- Phương trình của một sóng hình sin truyền theo trục x :

$$u_M = A\cos\omega\left(t - \frac{x}{v}\right) = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

trong đó u_M là li độ tại điểm M có toạ độ x vào thời điểm t.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Sóng cơ là gì ?

2. Thế nào là sóng ngang ? Thế nào là sóng dọc ?

3. Bước sóng là gì ?

4. Viết phương trình sóng.

5. Tại sao có thể nói sóng vừa có tính tuần hoàn theo thời gian, vừa có tính tuần hoàn theo không gian ?

6. Sóng cơ là gì ?

A. Là dao động lan truyền trong một môi trường.

B. Là dao động của mọi điểm trong một môi trường.

C. Là một dạng chuyển động đặc biệt của môi trường.

D. Là sự truyền chuyển động của các phần tử trong một môi trường.

7. Chọn câu đúng.

A. Sóng dọc là sóng truyền dọc theo một sợi dây.

B. Sóng dọc là sóng truyền theo phương thẳng đứng, còn sóng ngang là sóng truyền theo phương nằm ngang.

C. Sóng dọc là sóng trong đó phương dao động (của các phần tử của môi trường) trùng với phương truyền.

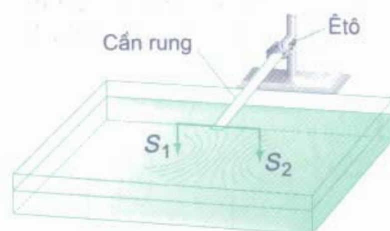
D. Sóng dọc là sóng truyền theo trục tung, còn sóng ngang là sóng truyền theo trục hoành.

8. Trong thí nghiệm ở Hình 7.1, cần rung dao động với tần số 50 Hz. Ở một thời điểm t, người ta đo được đường kính 5 gợn sóng hình tròn liên tiếp lần lượt bằng : 12,4 ; 14,3 ; 16,35 ; 18,3 và 20,45 cm. Tính tốc độ truyền sóng.

8 GIAO THOA SÓNG

I - HIỆN TƯỢNG GIAO THOA CỦA HAI SÓNG MẶT NƯỚC

1. Thí nghiệm

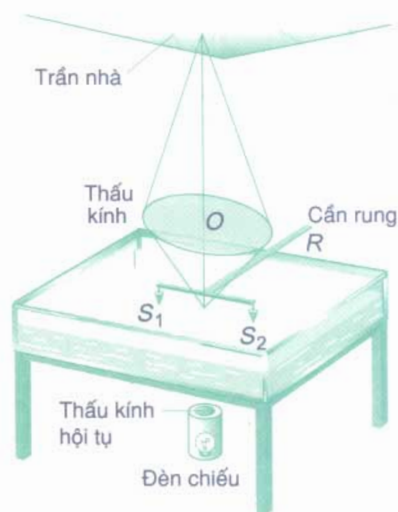


Hình 8.1

Ta làm lại thí nghiệm ở Hình 7.1, nhưng thay một mũi nhọn ở đầu cần rung bằng một cặp hai mũi nhọn S_1, S_2 cách nhau vài xentimét (H.8.1).

Gõ nhẹ cần rung cho nó dao động, ta thấy trên mặt nước xuất hiện một loạt gợn sóng *ổn định* có hình các đường hypebol và có tiêu điểm S_1, S_2.

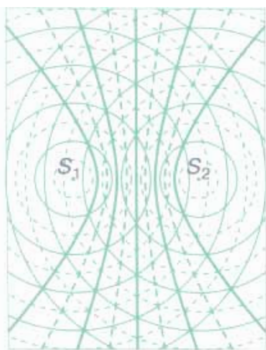
Nếu chậu nước có đáy bằng thuỷ tinh, ta có thể đặt một đèn chiếu ở dưới chậu, còn ở phía trên là một thấu kính hội tụ O, rồi điều chỉnh thấu kính để thu ảnh của hệ các gợn sóng nước lên trần nhà (H.8.2). Khi đó ảnh của các gợn sóng là những đường hypebol rất sáng xen kẽ với những đường hypebol nhoè và tối.



Hình 8.2

2. Giải thích

Mỗi nguồn sóng phát ra một sóng có gợn sóng là những đường tròn giống hệt như khi không có các nguồn sóng khác bên cạnh. Những đường tròn nét liền miêu tả đỉnh sóng, còn những đường tròn nét đứt miêu tả hõm sóng tại thời điểm t nào đó (H.8.3). Ở trong miền hai sóng gặp nhau, có những điểm



Hình 8.3

đứng yên, do hai sóng gặp nhau ở đó triệt tiêu nhau. Có những điểm dao động rất mạnh, do hai sóng gặp nhau ở đó tăng cường lẫn nhau. Hình 8.3 cho thấy những điểm đứng yên hợp thành những đường hypebol nét đứt và những điểm dao động rất mạnh hợp thành những đường hypebol nét liền. Ánh sáng truyền qua những điểm đứng yên không bị tán xạ nên cho ảnh là những đường hypebol sáng. Còn ánh sáng truyền qua những điểm dao động mạnh thì bị tán xạ nên cho ảnh là những đường hypebol nhoè và tối.



C1 Những điểm nào trên Hình 8.3 biểu diễn chỗ hai sóng gặp nhau triệt tiêu nhau ? Tăng cường lẫn nhau ?

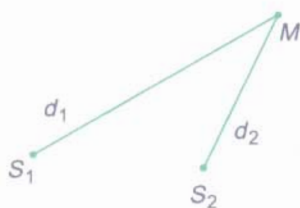
Hiện tượng hai sóng gặp nhau tạo nên các gợn sóng ổn định gọi là *hiện tượng giao thoa của hai sóng*. Các gợn sóng có hình các đường hypebol gọi là các *vân giao thoa*.

II - CỰC ĐẠI VÀ CỰC TIỂU

1. Dao động của một điểm trong vùng giao thoa

Gọi M là một điểm trong vùng giao thoa. M lần lượt cách S_1, S_2 những khoảng $d_1 = S_1M$ và $d_2 = S_2M$ (H.8.4). d_1, d_2 gọi là đường đi của mỗi sóng tới M. Chọn gốc thời gian sao cho phương trình dao động của hai nguồn là :

$$u_{S_1} = u_{S_2} = A\cos\frac{2\pi t}{T}$$



Hình 8.4

Để cho đơn giản, ta coi biên độ của các sóng truyền tới M là bằng nhau và bằng biên độ của nguồn.

Sóng truyền từ S_1 đến M làm cho phần tử tại M dao động theo phương trình là :

$$u_{1M} = A\cos\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{d_1}{v}\right) = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{d_1}{\lambda}\right)$$

Sóng truyền từ S_2 đến M làm cho phần tử tại M dao động theo phương trình là :

$$u_{2M} = A\cos\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{d_2}{v}\right) = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{d_2}{\lambda}\right)$$

Dao động của phần tử tại M là tổng hợp của hai dao động điều hoà cùng phương cùng chu kì nêu trên :

$$u_M = u_{1M} + u_{2M} = A\left[\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{d_1}{\lambda}\right) + \cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{d_2}{\lambda}\right)\right]$$

Biến đổi tổng hai côsin thành tích, ta được :

$$u_M = 2A\cos\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{d_1 + d_2}{2\lambda}\right)$$

Vậy, dao động của phần tử tại M là dao động điều hoà cùng chu kì với hai nguồn và có biên độ dao động là :

$$A_M = 2A\left|\cos\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right| \qquad (8.1)$$

Công thức (8.1) cho thấy tuỳ thuộc vào hiệu đường đi $d_2 - d_1$ mà khi hai sóng đến gặp nhau tại M có thể luôn luôn tăng cường nhau làm cho phần tử tại M dao động mạnh lên, hoặc triệt tiêu nhau làm cho phần tử tại M đứng yên.

2. Vị trí cực đại và cực tiểu giao thoa

a) *Vị trí các cực đại giao thoa*

Những điểm cực đại giao thoa là những điểm *dao động với biên độ cực đại*. Đó là những điểm ứng với :

$$\left|\cos\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right| = 1 \text{ ; suy ra : } \cos\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = \pm 1 \text{ ;}$$

hay
$$\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = k\pi$$

tức là :
$$\boldsymbol{d_2 - d_1 = k\lambda} \text{ ; } (k = 0, \pm 1, \pm 2, ...) \qquad (8.2)$$

Những điểm tại đó dao động có biên độ cực đại là những điểm mà hiệu đường đi của hai sóng từ nguồn truyền tới bằng một số nguyên lần bước sóng λ.

Quỹ tích của những điểm này là những đường hypebol có hai tiêu điểm là S_1 và S_2, chúng được gọi là những *vân giao thoa cực đại*.

b) *Vị trí các cực tiểu giao thoa*

Những điểm cực tiểu giao thoa là những điểm đứng yên. Đó là những điểm ứng với :

$$\cos\frac{\pi(d_2-d_1)}{\lambda}=0 \quad \text{hay} \quad \frac{\pi(d_2-d_1)}{\lambda}=k\pi+\frac{\pi}{2}$$

tức là với :

$$\boldsymbol{d_2-d_1=\left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda}\ ;\ (k=0,\pm1,\pm2,...) \qquad (8.3)$$

Những điểm tại đó dao động triệt tiêu là những điểm mà hiệu đường đi của hai sóng từ nguồn truyền tới bằng một số nửa nguyên lần bước sóng λ.

Quỹ tích của các điểm này là những đường hypebol mà hai tiêu điểm là S_1, S_2 và được gọi là những *vân giao thoa cực tiểu.*

III - ĐIỀU KIỆN GIAO THOA. SÓNG KẾT HỢP

Để có các vân giao thoa ổn định trên mặt nước thì hai nguồn sóng phải :

a) Dao động cùng phương, cùng chu kì (hay tần số).

b) Có hiệu số pha không đổi theo thời gian.

Hai nguồn như vậy gọi là *hai nguồn kết hợp*. Hai sóng do hai nguồn kết hợp phát ra gọi là *hai sóng kết hợp*.

Trong thí nghiệm ở Hình 8.1 ta sử dụng hai nguồn *đồng bộ*. Đó là hai nguồn kết hợp có cùng pha.

C2 Các công thức (8.2) và (8.3) chỉ đúng trong trường hợp nào ?

Hiện tượng giao thoa là một *hiện tượng đặc trưng của sóng*, tức là mọi quá trình sóng đều có thể gây ra hiện tượng giao thoa. Ngược lại, quá trình vật lí nào gây ra được hiện tượng giao thoa cũng tất yếu là một quá trình sóng.



Hai nguồn kết hợp là hai nguồn dao động cùng phương cùng chu kì (hay tần số) và có hiệu số pha không đổi theo thời gian. Hai nguồn kết hợp có cùng pha là hai nguồn đồng bộ.

- Hai sóng do hai nguồn kết hợp phát ra là hai sóng kết hợp.
- Hiện tượng giao thoa là hiện tượng hai sóng kết hợp khi gặp nhau thì có những điểm ở đó chúng luôn luôn tăng cường lẫn nhau ; có những điểm ở đó chúng luôn luôn triệt tiêu nhau.
- Cực đại giao thoa nằm tại các điểm có hiệu đường đi của hai sóng tới đó bằng một số nguyên lần bước sóng :

$$d_2 - d_1 = k\lambda \quad ; (k = 0, \pm1, \pm2, \ldots)$$

- Cực tiểu giao thoa nằm tại các điểm có hiệu đường đi của hai sóng tới đó bằng một số nửa nguyên lần bước sóng :

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad ; (k = 0, \pm1, \pm2, \ldots)$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Hiện tượng giao thoa của hai sóng là gì ?
2. Nêu công thức xác định vị trí các cực đại giao thoa.
3. Nêu công thức xác định vị trí các cực tiểu giao thoa.
4. Nêu điều kiện giao thoa.

▼

5. Chọn câu đúng.

   Hiện tượng giao thoa là hiện tượng

   A. giao nhau của hai sóng tại một điểm của môi trường.

   B. tổng hợp của hai dao động.

   C. tạo thành các gợn lồi, lõm.

   D. hai sóng, khi gặp nhau có những điểm chúng luôn luôn tăng cường nhau, có những điểm chúng luôn luôn triệt tiêu nhau.

6. Chọn câu đúng.

   Hai nguồn kết hợp là hai nguồn có

   A. cùng biên độ.

   B. cùng tần số.

   C. cùng pha ban đầu.

   D. cùng tần số và hiệu số pha không đổi theo thời gian.

7. Trong thí nghiệm ở Hình 8.1, tốc độ truyền sóng là 0,5 m/s, cần rung có tần số 40 Hz. Tính khoảng cách giữa hai điểm cực đại giao thoa cạnh nhau trên đoạn thẳng S_1S_2.
8. Trong thí nghiệm ở Hình 8.1, khoảng cách giữa hai điểm S_1, S_2 là $d = 11$ cm. Cho cần rung, ta thấy hai điểm S_1, S_2 gần như đứng yên và giữa chúng còn 10 điểm đứng yên không dao động. Biết tần số cần rung là 26 Hz, hãy tính tốc độ truyền của sóng.

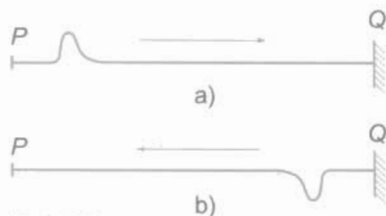
9 SÓNG DỪNG

Hẳn đã có lần bạn vừa nghe một tiếng "A lô" rất lớn phát ra từ một cái loa truyền thanh thì lại nghe thấy tiếp một tiếng "A lô" nữa, nhỏ hơn, vọng lại từ một ngôi nhà cao tầng, ở cách đó vài chục mét. Tiếng thứ hai này là do sóng âm đã phản xạ trên tường ngôi nhà tới tai bạn. Đó là hiện tượng phản xạ của sóng.

I - SỰ PHẢN XẠ CỦA SÓNG

1. Phản xạ của sóng trên vật cản cố định

Thí nghiệm. Một sợi dây mềm, dài chừng vài mét có một đầu *Q* gắn vào tường (H.9.1). Cầm đầu *P*, căng hơi mạnh cho dây nằm ngang, giật mạnh đầu đó lên phía trên, rồi hạ ngay tay về chỗ cũ. Biến dạng của dây, như vậy, hướng lên trên (H.9.1a), và truyền từ *P* đến *Q*. Tới *Q*, nó phản xạ trở lại từ *Q* về *P*, nhưng biến dạng của dây bây giờ hướng xuống dưới (H.9.1b). Vậy, khi phản xạ trên vật cản cố định, biến dạng đã bị đổi chiều.



Hình 9.1



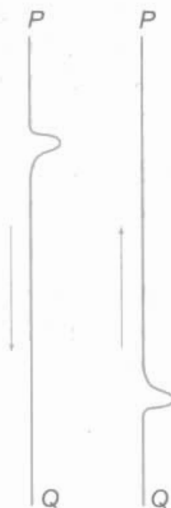
C1 Vật cản ở đây là gì ?

Nếu cho *P* dao động điều hoà thì sẽ có sóng hình sin lan truyền từ *P* đến *Q*. Đó là *sóng tới*. Đến *Q*, sóng đó bị phản xạ. Nhưng vì tại *Q* biến dạng trong sóng phản xạ luôn luôn ngược chiều với biến dạng trong sóng tới, nên ta có thể nói sóng phản xạ luôn luôn ngược pha với sóng tới tại đó.

Vậy, *khi phản xạ trên vật cản cố định, sóng phản xạ luôn luôn ngược pha với sóng tới ở điểm phản xạ.*

2. Phản xạ của sóng trên vật cản tự do

Thí nghiệm. Ta làm lại thí nghiệm (H.9.1) nhưng bây giờ cầm đầu *P* để sợi dây thõng xuống một cách tự nhiên, theo đường thẳng đứng. Giật mạnh đầu *P* của sợi dây sang phải, rồi trở về ngay, để tạo một biến dạng nhỏ, hướng sang phải (H.9.2). Khi truyền



Hình 9.2

tới đầu Q, biến dạng cũng phản xạ trở lại, nhưng biến dạng của dây vẫn hướng sang phải, tức là không bị đổi chiều. Tương tự như trên, ta có kết luận sau : ***Khi phản xạ trên vật cản tự do, sóng phản xạ luôn luôn cùng pha với sóng tới ở điểm phản xạ.***



C2 Vật cản ở đây là gì ?

Chú ý :

Với dây cao su, hoặc dây mềm, ta chỉ có thể làm hai thí nghiệm trên với sóng ngang. Nhưng nếu dùng một lò xo ống, dài (H.7.2) ta có thể làm hai thí nghiệm trên với cả sóng ngang lẫn sóng dọc. Kết quả thu được trên đây cũng hoàn toàn đúng đối với sóng dọc.

II - SÓNG DỪNG

Ta hãy xét sóng dừng trên một sợi dây (H.9.3). Giả sử ta cho đầu P của dây dao động liên tục, thì sóng tới và sóng phản xạ liên tục gặp nhau và giao thoa với nhau vì chúng là các sóng kết hợp. Kết quả là trên sợi dây xuất hiện những điểm luôn luôn đứng yên và những điểm luôn luôn dao động với biên độ lớn nhất. Những điểm luôn luôn đứng yên là những *nút*. Những điểm luôn luôn dao động với biên độ lớn nhất là những *bụng*.

Sóng truyền trên sợi dây trong trường hợp xuất hiện các nút và các bụng gọi là sóng dừng.



Hình 9.3

Sóng phản xạ ở Q, khi về tới M sẽ giao thoa với sóng tới từ P đến.

1. Sóng dừng trên một sợi dây có hai đầu cố định

a) Vì P và Q là hai điểm cố định nên tại P và Q có hai nút.

b) *Vị trí các nút*. Người ta đã chứng minh được là *các nút nằm cách đầu P và đầu Q những khoảng bằng một số nguyên lần nửa bước sóng*. Hai nút liên tiếp nằm cách nhau một khoảng bằng $\frac{\lambda}{2}$ (H.9.4a).

c) *Vị trí các bụng*. Xen giữa hai nút là một bụng, nằm cách đều hai nút đó. Như vậy, các bụng nằm cách hai đầu cố định những khoảng bằng một số lẻ lần $\frac{\lambda}{4}$. Hai bụng liên tiếp cũng cách nhau $\frac{\lambda}{2}$ (xem thêm phần chữ nhỏ ở cột phải).

Hình 9.4a trình bày hình dạng của sợi dây ở một vài thời điểm, nó cho ta thấy vị trí các nút và bụng. Các nút hoàn toàn đứng yên.





Hình 9.4

Về sự tạo thành sóng dừng

Ta có thể hiểu tất cả các kết quả ở mục II-1 một cách đơn giản như sau :

Vì tại Q, sóng phản xạ luôn ngược pha với sóng tới, nên ta có thể coi như sóng phản xạ được phát ra từ một nguồn (tưởng tượng) P' nằm cách Q một khoảng l' (H.9.4b) sao cho

$$l - l' = (n + \frac{1}{2})\lambda$$

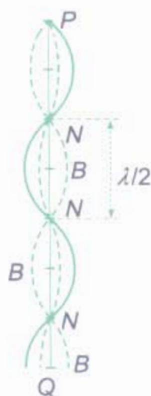
Tại những điểm trên dây nằm cách Q một khoảng bằng $m\frac{\lambda}{2}$ ($m = 0, 1, 2...$) thì sóng tới và sóng phản xạ cũng triệt tiêu nhau, vì hiệu đường đi tới P và P' cũng bằng một số nửa nguyên lần bước sóng.

$$\left(l - m\frac{\lambda}{2}\right) - \left(l' + m\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$= (l - l') - m\lambda = \left(n - m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

Đó là những nút sóng.

Bụng sóng nằm tại những điểm với $k = 1, 2, 3...$ mà hiệu đường đi từ các điểm đó đến P và P' bằng một số nguyên lần bước sóng và hai sóng tăng cường lẫn nhau. Ta chứng minh dễ dàng là những điểm đó cách Q một khoảng bằng một số lẻ lần $\frac{\lambda}{4}$.



Hình 9.5

Hình dạng sợi dây ở một vài thời điểm, khi phản xạ không đổi dấu.

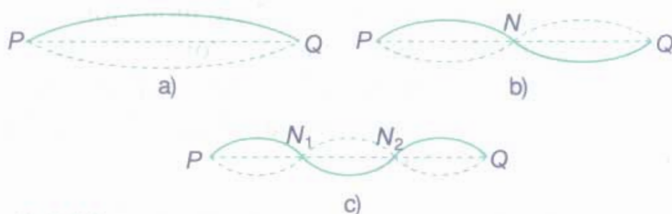
d) Điều kiện để có sóng dừng trên sợi dây có hai đầu cố định.

Đầu P của sợi dây dao động cưỡng bức với biên độ rất nhỏ nên có thể coi như đứng yên và là một nút. Khoảng cách PQ bằng chiều dài l của sợi dây chính là khoảng cách giữa hai nút sóng.

Vậy : ***Điều kiện để có sóng dừng trên một sợi dây có hai đầu cố định là chiều dài của sợi dây phải bằng một số nguyên lần nửa bước sóng*** **(H.9.6).**

$$l = k\frac{\lambda}{2} \quad (9.1)$$

với $k = 1, 2, 3...$



Hình 9.6

Sóng dừng trên một sợi dây.

2. Sóng dừng trên một sợi dây có một đầu cố định, một đầu tự do

Đầu P cố định vẫn là một nút. Đầu Q tự do là một bụng. Khoảng cách giữa hai nút liên tiếp vẫn bằng $\frac{\lambda}{2}$. Xen giữa hai nút là một bụng. Khoảng cách giữa hai bụng liên tiếp cũng là $\frac{\lambda}{2}$.

Dễ dàng thấy rằng : ***Điều kiện để có sóng dừng trên một sợi dây có một đầu cố định, một đầu tự do là chiều dài của sợi dây phải bằng một số lẻ lần*** $\frac{\lambda}{4}$.

$$l = (2k+1)\frac{\lambda}{4} \quad (9.2)$$

với $k = 0, 1, 2...$

Khi bạn thổi một cái sáo, thì dao động của cột không khí trong sáo cũng làm xuất hiện một hệ sóng dừng mà một đầu cố định, một đầu tự do.

Nếu vật cản cố định thì tại điểm phản xạ, sóng phản xạ luôn luôn ngược pha với sóng tới và triệt tiêu lẫn nhau.

Nếu vật cản tự do thì tại điểm phản xạ, sóng phản xạ luôn luôn cùng pha với sóng tới và tăng cường lẫn nhau.

Sóng tới và sóng phản xạ, nếu truyền theo cùng một phương, thì có thể giao thoa với nhau, và tạo thành một hệ sóng dừng.

Trong sóng dừng, có một số điểm luôn luôn đứng yên gọi là nút, và một số điểm luôn luôn dao động với biên độ cực đại gọi là bụng. Khoảng cách giữa hai nút liên tiếp hoặc hai bụng liên tiếp thì bằng nửa bước sóng.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Sự phản xạ của sóng trên vật cản cố định có đặc điểm gì ?

2. Sự phản xạ của sóng trên vật cản tự do có đặc điểm gì ?

3. Sóng dừng được tạo thành vì nguyên nhân gì ?

4. Nút, bụng của sóng dừng là gì ?

5. Nêu điều kiện để có sóng dừng trên một sợi dây có hai đầu cố định.

6. Nêu điều kiện để có sóng dừng trên một sợi dây có một đầu cố định, một đầu tự do.

7. Chọn câu đúng.

Tại điểm phản xạ thì sóng phản xạ :

A. luôn ngược pha với sóng tới.

B. ngược pha với sóng tới nếu vật cản là cố định.

C. ngược pha với sóng tới nếu vật cản là tự do.

D. cùng pha với sóng tới nếu vật cản là cố định.

8. Chọn câu đúng.

Trong hệ sóng dừng trên một sợi dây, khoảng cách giữa hai nút hoặc hai bụng liên tiếp bằng :

A. một bước sóng.

B. hai bước sóng.

C. một phần tư bước sóng.

D. một nửa bước sóng.

9. Một dây đàn dài 0,6 m hai đầu cố định dao động với một bụng độc nhất (ở giữa dây).

a) Tính bước sóng λ của sóng trên dây.

b) Nếu dây dao động với ba bụng thì bước sóng là bao nhiêu ?

10. Trên một sợi dây dài 1,2 m có một hệ sóng dừng. Kể cả hai đầu dây, thì trên dây có tất cả bốn nút. Biết tốc độ truyền sóng trên dây là $v = 80$ m/s, tính tần số dao động của dây.

10 ĐẶC TRƯNG VẬT LÍ CỦA ÂM

Hằng ngày, luôn có những âm đủ loại, êm tai cũng như chói tai, lọt vào tai chúng ta. Vậy âm là gì, nó truyền như thế nào ? Và ta phân biệt các âm khác nhau dựa trên những đặc điểm gì ?

I - ÂM. NGUỒN ÂM

1. Âm là gì ?



Hình 10.1

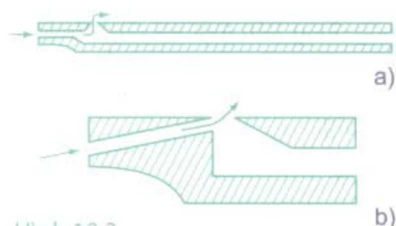
Sợi dây đàn căng giữa hai điểm *A* và *B*.

Theo nghĩa hẹp, âm là những sóng truyền trong các môi trường khí, lỏng, rắn khi đến tai ta sẽ làm cho màng nhĩ dao động, gây ra cảm giác âm. Sóng này gọi là *sóng âm*.

Về sau, khái niệm sóng âm đã được mở rộng cho tất cả những sóng cơ, bất kể chúng có gây ra được cảm giác âm hay không.

Như vậy *sóng âm là những sóng cơ truyền trong các môi trường khí, lỏng, rắn*.

Tần số của sóng âm cũng là *tần số âm*.



Hình 10.2

a) Ống sáo ; b) Thổi một dòng khí qua miệng sáo thì có âm phát ra.

2. Nguồn âm

Ở THCS, ta đã biết : Âm do các vật dao động phát ra. Trên Hình 10.1, 10.2 và 10.3 có vẽ ba dụng cụ phát âm tiêu biểu : dây đàn, ống sáo và cái âm thoa.





Hình 10.3

Âm thoa.

Vậy, *một vật dao động phát ra âm là một nguồn âm*. Tần số của âm phát ra bằng tần số dao động của nguồn âm.

C1 Hãy chỉ ra bộ phận dao động phát ra âm trong các dụng cụ này.

3. Âm nghe được, hạ âm, siêu âm

Những âm có tác dụng làm cho màng nhĩ trong tai ta dao động, gây ra cảm giác âm gọi là *âm nghe được*. Người ta còn dùng thuật ngữ *âm thanh* chỉ âm mà ta nghe được.

- Nếu vật cản cố định thì tại điểm phản xạ, sóng phản xạ luôn luôn ngược pha với sóng tới và triệt tiêu lẫn nhau.
- Nếu vật cản tự do thì tại điểm phản xạ, sóng phản xạ luôn luôn cùng pha với sóng tới và tăng cường lẫn nhau.
- Sóng tới và sóng phản xạ, nếu truyền theo cùng một phương, thì có thể giao thoa với nhau, và tạo thành một hệ sóng dừng.
- Trong sóng dừng, có một số điểm luôn luôn đứng yên gọi là nút, và một số điểm luôn luôn dao động với biên độ cực đại gọi là bụng. Khoảng cách giữa hai nút liên tiếp hoặc hai bụng liên tiếp thì bằng nửa bước sóng.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Sự phản xạ của sóng trên vật cản cố định có đặc điểm gì ?
2. Sự phản xạ của sóng trên vật cản tự do có đặc điểm gì ?
3. Sóng dừng được tạo thành vì nguyên nhân gì ?
4. Nút, bụng của sóng dừng là gì ?
5. Nêu điều kiện để có sóng dừng trên một sợi dây có hai đầu cố định.
6. Nêu điều kiện để có sóng dừng trên một sợi dây có một đầu cố định, một đầu tự do.

▼

7. Chọn câu đúng.

   Tại điểm phản xạ thì sóng phản xạ :

   A. luôn ngược pha với sóng tới.

   B. ngược pha với sóng tới nếu vật cản là cố định.

   C. ngược pha với sóng tới nếu vật cản là tự do.

   D. cùng pha với sóng tới nếu vật cản là cố định.

8. Chọn câu đúng.

   Trong hệ sóng dừng trên một sợi dây, khoảng cách giữa hai nút hoặc hai bụng liên tiếp bằng :

   A. một bước sóng.

   B. hai bước sóng.

   C. một phần tư bước sóng.

   D. một nửa bước sóng.

9. Một dây đàn dài 0,6 m hai đầu cố định dao động với một bụng độc nhất (ở giữa dây).

   a) Tính bước sóng λ của sóng trên dây.

   b) Nếu dây dao động với ba bụng thì bước sóng là bao nhiêu ?

10. Trên một sợi dây dài 1,2 m có một hệ sóng dừng. Kể cả hai đầu dây, thì trên dây có tất cả bốn nút. Biết tốc độ truyền sóng trên dây là $v = 80$ m/s, tính tần số dao động của dây.

Âm nghe được có tần số nằm trong khoảng từ 16 Hz đến 20 000 Hz.

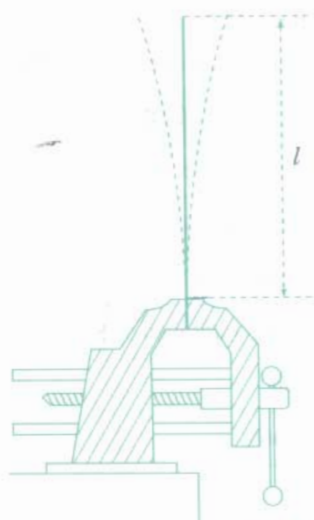
Âm có tần số nhỏ hơn 16 Hz, thì tai người không nghe được và gọi là *hạ âm*. Tuy nhiên, một số loài vật như voi, chim bồ câu... lại "nghe" được hạ âm.

Âm có tần số lớn hơn 20 000 Hz thì tai người cũng không nghe được và gọi là *siêu âm*. Một số loại như dơi, chó, cá heo... có thể "nghe" được siêu âm.

Có thể làm một thí nghiệm đơn giản để minh hoạ các loại âm nói trên bằng dụng cụ vẽ trên Hình 10.4.

Dùng một êtô kẹp chặt đầu một lưỡi cưa mỏng, có chiều dài *l*, rồi bật mạnh cho lưỡi cưa dao động.

Chú ý rằng chiều dài *l* của lưỡi cưa càng lớn thì tần số dao động càng nhỏ. Khi *l* nhỏ hơn một giá trị nào đó, ta mới nghe được âm do lưỡi cưa phát ra.



Hình 10.4

4. Sự truyền âm

a) *Môi trường truyền âm*

– Ở lớp 7, ta đã biết : âm không truyền được trong chân không (xem thí nghiệm ở Hình 10.5).



– Âm truyền được qua các chất rắn, lỏng và khí.

– Âm hầu như không truyền được qua các chất xốp như bông, len... Những chất đó được gọi là *chất cách âm*. Chúng thường được dùng để ốp vào tường và cửa các nhà hát, phòng ghi âm...



Hình 10.5

Rút không khí trong chuông ra thì tiếng chuông điện nhỏ dần, rồi hầu như mất hẳn.

b) *Tốc độ truyền âm*

Sóng âm truyền trong mỗi môi trường với một tốc độ hoàn toàn xác định. Bảng 10.1 cho ta tốc độ truyền âm trong một số chất.



Khi sóng âm truyền qua không khí, mỗi phân tử không khí dao động quanh vị trí cân bằng theo phương trùng với phương truyền sóng, làm cho áp suất không khí tại mỗi điểm cũng dao động quanh giá trị trung bình nào đó.

C2 Thật ra, lúc trong chuông là chân không hoàn toàn, ta vẫn còn nghe thấy tiếng chuông reo rất nhỏ. Giải thích thế nào và chứng minh cách giải thích đó thế nào ?

C3 Hãy nêu một vài dẫn chứng chứng tỏ rằng âm truyền với một tốc độ hữu hạn.

Bảng 10.1

Tốc độ truyền âm trong một số chất

Chất	v (m/s)
Không khí ở 0°C	331
Không khí ở 25°C	346
Hiđrô ở 0°C	1 280
Nước, nước biển ở 15°C	1 500
Sắt	5 850
Nhôm	6 260

Bảng 10.2

Một vài mức cường độ âm

Nguồn âm	L (dB)
Lá rơi, tiếng thì thầm cách 1 m	10
Vườn vắng vẻ, phòng im lặng	20
Nhạc nhẹ, tiếng ồn trong nhà ở	40
Tiếng nói chuyện cách 1 m	60
Tiếng ồn ngoài phố	80
Máy bay phản lực lúc cất cánh	130

Trong bảng này, khi đo mức cường độ âm của các âm khác nhau, người ta đo lẫn lộn cả cường độ của những âm nghe thấy được cũng như của các hạ âm và siêu âm.

II - NHỮNG ĐẶC TRƯNG VẬT LÍ CỦA ÂM

Những âm có một tần số xác định, thường do các nhạc cụ phát ra, gọi là các *nhạc âm*. Những âm như tiếng búa đập, tiếng sấm, tiếng ồn ở đường phố, ở chợ... không có một tần số xác định thì gọi là các *tạp âm*. Dưới đây, ta chỉ xét những đặc trưng vật lí tiêu biểu nhất của nhạc âm.

1. Tần số âm

Tần số âm là một trong những đặc trưng vật lí quan trọng nhất của âm.

2. Cường độ âm và mức cường độ âm

a) *Cường độ âm*

Sóng âm lan đến đâu thì sẽ làm cho phần tử của môi trường ở đó dao động. Như vậy, sóng âm mang theo năng lượng.

Ta gọi, *cường độ âm I tại một điểm là đại lượng đo bằng lượng năng lượng mà sóng âm tải qua một đơn vị diện tích đặt tại điểm đó, vuông góc với phương truyền sóng trong một đơn vị thời gian.*

Đơn vị cường độ âm là *oát trên mét vuông*, kí hiệu là W/m^2.

b) *Mức cường độ âm*

Để thiết lập một thang bậc về cường độ âm, người ta đưa ra khái niệm *mức cường độ âm*.

Giả sử ta lấy làm chuẩn cường độ I_0 của âm rất nhỏ mà tai ta vừa đủ nghe được. Mức của cường độ I_0 được lấy là mức 0. Âm có cường độ $I = 10I_0$ được lấy làm mức 1 ; âm có cường độ $I = 100I_0$ được lấy làm mức 2... ta hãy xét Bảng 10.3.

Bảng 10.3

Cường độ I	I_0	$10I_0$	$100I_0$	$1000I_0$
$\frac{I}{I_0}$	1	10	100	1000
$\lg\frac{I}{I_0}$	0	1	2	3

Ta thấy đại lượng $\lg\frac{I}{I_0}$ phản ánh đúng khái niệm mức cường độ âm mà ta đã đề ra. Do đó, ta có định nghĩa sau :

Đại lượng $L = \lg\frac{I}{I_0}$ gọi là *mức cường độ âm của âm I* (so với âm I_0). Cường độ âm ở mức 1 lớn gấp hàng chục lần I_0 ; cường độ âm ở mức 2 lớn gấp hàng trăm lần I_0... Đáng lẽ phải lấy I_0 nằm ở ngưỡng nghe, tức là cường độ của âm vừa đủ để tai có thể nghe thấy, nhưng người ta lại lấy âm I_0 là âm chuẩn có tần số 1 000 Hz và có cường độ $I_0 = 10^{-12}$ W/m², chung cho mọi âm có tần số khác nhau.

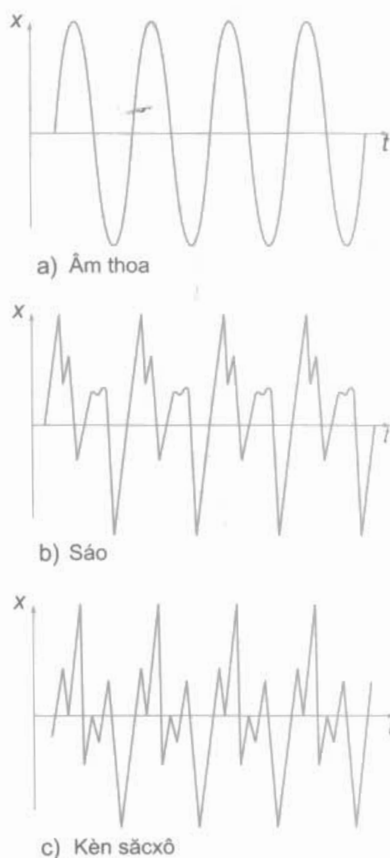
Đơn vị của mức cường độ âm là *ben*, kí hiệu B. Âm có mức cường độ 2 B sẽ có cường độ là $I = 100I_0 = 10^{-10}$ W/m².

Đơn vị ben lớn, nên trong thực tế, người ta thường dùng đơn vị đêxiben (dB) :

$$1 \text{ dB} = \frac{1}{10} \text{ B}$$

Công thức tính mức cường độ âm theo đơn vị đêxiben sẽ là :

$$\mathbf{L\ (dB) = 10\lg\frac{I}{I_0}}$$

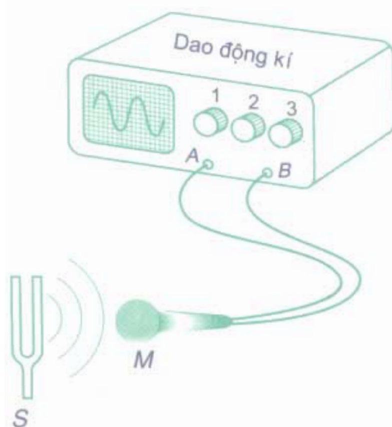


Hình 10.6

Đồ thị dao động của ba âm thanh cùng tần số và biên độ, do ba dụng cụ khác nhau phát ra.

3. Âm cơ bản và hoạ âm

Khi cho một nhạc cụ phát ra một âm có tần số f_0 thì bao giờ nhạc cụ đó cũng đồng thời phát ra một loạt âm có tần số $2f_0$; $3f_0$; $4f_0$... có cường độ khác nhau. Âm có tần số f_0 gọi là *âm cơ bản* hay *hoạ âm thứ nhất*. Các âm có tần số $2f_0$; $3f_0$; $4f_0$... gọi là các *hoạ âm thứ hai*, *thứ ba*, *thứ tư*... Biên độ của các hoạ âm lớn, nhỏ không như nhau, tuỳ thuộc vào chính nhạc cụ đó. Tập hợp các hoạ âm tạo thành *phổ* của nhạc âm nói trên.



Hình 10.7

Cách bố trí để ghi đồ thị dao động của âm bằng một dao động kí. *M* : micrô ; *A*, *B* lối vào của dao động kí ; 1, 2, 3 núm điều chỉnh ; *S* : nguồn âm.

Phổ của cùng một âm (như âm *la* chẳng hạn) do các nhạc cụ khác nhau phát ra thì hoàn toàn khác nhau.

Tổng hợp đồ thị dao động của tất cả các hoạ âm trong một nhạc âm ta được *đồ thị dao động* của nhạc âm đó.

Đồ thị dao động của cùng một nhạc âm (như âm *la* chẳng hạn) do các nhạc cụ khác nhau phát ra thì hoàn toàn khác nhau.

Trên Hình 10.6a, b, c vẽ đồ thị dao động của cùng một âm do ba nhạc cụ khác nhau phát ra : âm thoa (a), sáo (b) và kèn săcxô (c).

Vậy có thể nói : *Đặc trưng vật lí thứ ba của âm là đồ thị dao động của âm đó.*

Người ta ghi đồ thị dao động của âm bằng thiết bị vẽ ở Hình 10.7.

Sóng âm là những sóng cơ truyền trong các môi trường khí, lỏng, rắn.

Nguồn âm là các vật dao động.

Tần số dao động của nguồn cũng là tần số của sóng âm.

Âm nghe được (âm thanh) có tần số từ 16 Hz đến 20 000 Hz.

Âm có tần số dưới 16 Hz gọi là hạ âm. Siêu âm là âm có tần số trên 20 000 Hz.

Nhạc âm là âm có tần số xác định.

Âm không truyền được trong chân không.

Trong mỗi môi trường, âm truyền với một tốc độ xác định.

Về phương diện vật lí, âm được đặc trưng bằng tần số, cường độ (hoặc mức cường độ) và đồ thị dao động của âm.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Hạ âm và siêu âm có cùng bản chất không ?
2. Sóng âm là gì ?
3. Nhạc âm là gì ?
4. Trong ba môi trường rắn, lỏng và khí, âm truyền nhanh nhất trong môi trường nào, chậm nhất trong môi trường nào ?
5. Cường độ âm được đo bằng gì ?

6. Chọn câu đúng.

   Siêu âm là âm

   A. có tần số lớn.

   B. có cường độ rất lớn.

   C. có tần số trên 20 000 Hz.

   D. truyền trong mọi môi trường nhanh hơn âm.

7. Chọn câu đúng.

   Cường độ âm được đo bằng

   A. oát trên mét vuông.

   B. oát.

   C. niutơn trên mét vuông.

   D. niutơn trên mét.

8. Một lá thép dao động với chu kì T = 80 ms. Âm do nó phát ra có nghe được không ?
9. Một siêu âm có tần số 1 MHz. Sử dụng Bảng 10.1, hãy tính bước sóng của siêu âm này trong không khí ở 0°C và trong nước ở 15°C.
10. Để đo tốc độ âm trong gang, nhà vật lí Pháp Bi-ô đã dùng một ống bằng gang dài 951,25 m. Một người đập một nhát búa vào một đầu ống gang, một người ở đầu kia nghe thấy hai tiếng gõ, một truyền qua gang và một truyền qua không khí trong ống gang ; hai tiếng ấy cách nhau 2,5 s. Biết tốc độ âm trong không khí là 340 m/s, hãy tính tốc độ âm trong gang.

BÀI ĐỌC THÊM

MỘT SỐ ỨNG DỤNG CỦA SIÊU ÂM SÔNA

Siêu âm là sóng cơ có tần số từ 20 kHz trở lên, nên có bước sóng ngắn hơn bước sóng của âm nghe được rất nhiều và có thể truyền theo những chùm rất hẹp cũng như có khả năng truyền trong nước xa hơn rất nhiều, so với khi truyền trong không khí (xem Bảng 10.4).

Bảng 10.4

Tần số siêu âm (Hz)	Tầm xa trong không khí (m)	Tầm xa trong nước (km)
20 000	45	85
50 000	7,1	13,6
100 000	1,7	3,4
1 000 000	$1,7.10^{-4}$	$3,4.10^{-2}$

Dụng cụ sử dụng siêu âm để thăm dò dưới biển thông dụng hiện nay là sôna, hoạt động theo nguyên tắc của rađa. Sôna gồm một máy đặt ở mặt ngoài của đáy tàu, máy này phát một chùm siêu âm hẹp, gần song song ; gặp đáy biển hoặc một đàn cá, một xác tàu đắm,... sóng âm phản xạ và rọi vào máy thu (đôi khi chính là máy phát, hoạt động luân phiên theo hai chế độ), được khuếch đại rồi tác động vào một máy tự động chuyển khoảng thời gian Δt từ lúc phát sóng tới lúc thu sóng phản xạ thành khoảng cách từ tàu tới vật phản xạ sóng. Do đó sôna có thể dùng để phát hiện tàu ngầm, các vật trôi dạt, các đàn cá, thăm dò và lập bản đồ độ sâu của đáy biển.

Siêu âm cũng truyền được qua các vật rắn và phản xạ ở các mặt tiếp xúc giữa hai vật. Do đó, có thể dùng siêu âm để phát hiện các khuyết tật trong một vật đúc, trong một kết cấu bêtông, phát hiện các tổ mối trong đê. Ở một số nước, cái thước dây kim loại đã được thay bằng cái thước siêu âm. Thước phóng một xung siêu âm ngắn tới vật ở khoảng cách muốn đo, và ghi thời gian Δt từ lúc phát tín hiệu đến lúc nhận được tín hiệu phản xạ rồi nhân với tốc độ siêu âm. Ta đọc ngay được giá trị của khoảng cách cần đo, trên màn hiển thị.

Nhưng ứng dụng nổi tiếng nhất của siêu âm là phép ghi hình ảnh bằng siêu âm. Một đầu dò siêu âm phóng vào cơ thể người bệnh một chùm siêu âm song song (tần số từ 1 đến 5 MHz), rất ngắn (cỡ vài μs), rồi ghi các thời gian đi và về của xung ; kết hợp với một máy vi tính, mỗi xung phản xạ cho ta một ảnh của một điểm trên vật đã phản xạ. Máy phát chừng 1 000 xung/giây và được di chuyển đều đặn để cho ta ảnh của toàn bộ vật mà ta cần quan sát, trên màn hình của máy vi tính. Kĩ thuật này, hiện nay đã được sử dụng phổ biến trong các bệnh viện để quan sát các cơ quan nội tạng như gan, tuyến giáp, dạ dày, tuyến tiền liệt, thai nhi, thậm chí để quan sát chuyển động của van tim, nghiên cứu chuyển động của máu trong các động mạch, để phát hiện chỗ bong võng mạc,...

Do có tần số cao nên năng lượng chuyển trong sóng siêu âm là khá lớn. Vật hấp thụ năng lượng này có thể bị vỡ vụn thành nhiều mảnh nhỏ. Do đó, trong Y học, người ta còn dùng siêu âm để phá vỡ các viên sỏi trong thận, các cục máu đông, mà không phải dùng phẫu thuật. Trong công nghiệp, máy đầm dùng siêu âm được sử dụng khá phổ biến để đầm bêtông, đầm đá rải đường,...

11 ĐẶC TRƯNG SINH LÍ CỦA ÂM

Cảm giác mà âm gây cho cơ quan thính giác không chỉ phụ thuộc các đặc trưng vật lí của âm mà còn phụ thuộc sinh lí của tai. Tai người phân biệt các âm khác nhau nhờ ba đặc trưng sinh lí của âm, đó là : *độ cao, độ to* và *âm sắc*.

I - ĐỘ CAO

Ai cũng biết rằng, nói chung giọng nam trầm hơn giọng nữ, nốt "đố" cao hơn nốt "đồ".

Cảm giác về sự trầm, bổng của âm được mô tả bằng khái niệm *độ cao của âm.*

Thực nghiệm cho thấy âm có tần số càng lớn thì nghe càng cao ; âm có tần số càng nhỏ thì nghe càng trầm.

Vậy, *độ cao của âm là một đặc trưng sinh lí của âm gắn liền với tần số âm.*

Chú ý rằng, tần số 880 Hz chẳng hạn, thì gấp đôi tần số 440 Hz nhưng không thể nói âm có tần số 880 Hz cao gấp đôi âm có tần số 440 Hz được.

II - ĐỘ TO

Thực nghiệm chứng tỏ âm có cường độ càng lớn thì nghe càng to.

Tuy nhiên, Phếch-ne và Vê-be đã chứng minh rằng cảm giác về độ to của âm lại không tăng theo cường độ âm, mà tăng theo mức cường độ âm :

$$L = \lg\frac{I}{I_0}$$

Nhưng ta không thể lấy mức cường độ làm số đo độ to của âm được. Đó là vì khi đo đạc mức cường độ âm (chẳng hạn như ở Bảng 10.2) ta không loại trừ khả năng có cả hạ âm và siêu âm tác động vào máy đo.

Vì vậy, *độ to chỉ là một khái niệm nói về đặc trưng sinh lí của âm gắn liền với đặc trưng vật lí mức cường độ âm.*

III - ÂM SẮC

a) Một chiếc đàn ghita, một chiếc đàn viôlon, một chiếc kèn săcxô cùng phát ra một nốt *la* chẳng hạn, ở cùng một độ cao. Khi nghe, ta dễ dàng phân biệt âm nào do đàn ghita phát ra, âm nào do đàn viôlon phát ra, âm nào do kèn phát ra.

Người ta nói rằng, sở dĩ ta phân biệt được ba âm đó vì chúng có *âm sắc* khác nhau.

b) Nếu ghi đồ thị dao động của ba âm đó, ta sẽ được ba đồ thị dao động khác hẳn nhau. Các đồ thị dao động đó có dạng khác nhau, nhưng có cùng chu kì.

Ví dụ, trên Hình 10.6, có đồ thị dao động của cùng một nốt *la* của một chiếc âm thoa, một chiếc sáo và một chiếc kèn săcxô.

c) Để thấy rõ sự liên quan mật thiết giữa âm sắc và đồ thị dao động âm, ta hãy xét cơ chế hoạt động của chiếc đàn oocgan.

Trong đàn oocgan có những mạch điện tử có thể tạo ra dao động điện từ (xem bài 20) có đồ thị dao động giống hệt đồ thị dao động âm của các thứ đàn và kèn như pianô (dương cầm), viôlon (vĩ cầm), ghita, kèn săcxô, sáo... Khi đưa các dao động điện từ đó ra loa thì đàn oocgan có thể phát ra âm giống hệt âm của các nhạc cụ nói trên.

Vậy, ***âm sắc là một đặc trưng sinh lí của âm, giúp ta phân biệt âm do các nguồn khác nhau phát ra. Âm sắc có liên quan mật thiết với đồ thị dao động âm.***

Ba đặc trưng sinh lí của âm là : độ cao, độ to và âm sắc.

Độ cao của âm là đặc trưng liên quan đến tần số của âm.

Độ to của âm là đặc trưng liên quan đến mức cường độ âm *L*.

Âm sắc là đặc trưng của âm giúp ta phân biệt các âm phát ra từ các nguồn khác nhau (âm sắc liên quan đến đồ thị dao động âm).

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Hãy kể ra những đặc trưng sinh lí của âm.

2. Độ cao của âm là gì ? Nó có liên quan đến đặc trưng vật lí nào của âm ?

3. Độ to của âm liên quan đến đặc trưng vật lí nào của âm ?

4. Âm sắc là gì ?



5. Chọn câu đúng.

Độ cao của âm

A. là một đặc trưng vật lí của âm.

B. là một đặc trưng sinh lí của âm.

C. vừa là đặc trưng vật lí, vừa là đặc trưng sinh lí của âm.

D. là tần số của âm.

6. Chọn câu đúng.

Âm sắc là

A. màu sắc của âm.

B. một tính chất của âm giúp ta nhận biết các nguồn âm.

C. một đặc trưng sinh lí của âm.

D. một đặc trưng vật lí của âm.

7. Chọn câu đúng.

Độ to của âm gắn liền với

A. cường độ âm.

B. biên độ dao động của âm.

C. mức cường độ âm.

D. tần số âm.

TỔNG KẾT CHƯƠNG II SÓNG CƠ VÀ SÓNG ÂM

1. Sóng cơ là dao động lan truyền trong một môi trường.

Sự lan truyền của dao động được mô tả bằng phương trình sóng. Phương trình sóng biểu diễn li độ dao động của một phần tử trong môi trường tại một thời điểm bất kì.

Sóng âm là những sóng cơ truyền trong các môi trường khí, lỏng, rắn.

Các đặc trưng của sóng là : biên độ, tần số (hoặc chu kì), tốc độ truyền sóng, bước sóng và năng lượng sóng.

2. Tính chất đặc trưng của sóng là có thể gây ra hiện tượng giao thoa.

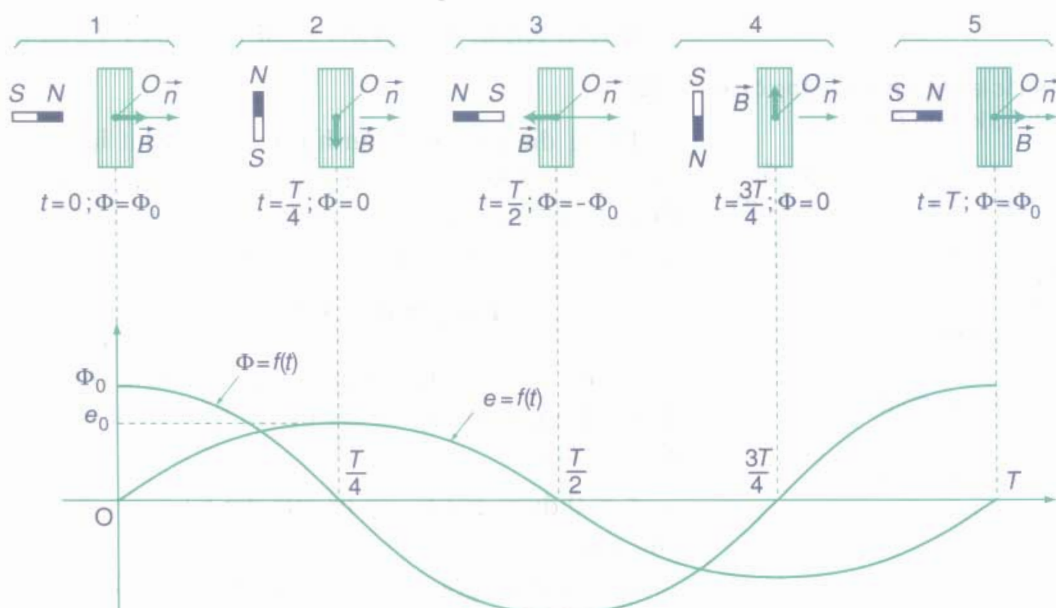
Hiện tượng giao thoa là hiện tượng hai sóng kết hợp khi gặp nhau thì có những chỗ chúng luôn luôn tăng cường lẫn nhau, có những chỗ chúng luôn luôn triệt tiêu nhau.

3. Âm vừa có những đặc trưng vật lí, vừa có những đặc trưng sinh lí.

Ba đặc trưng vật lí của âm là tần số, cường độ (hoặc mức cường độ âm) và đồ thị dao động (hoặc phổ) của âm.

Ba đặc trưng sinh lí của âm là độ cao, độ to và âm sắc.

CHƯƠNG III
Dòng điện xoay chiều



Đồ thị theo thời gian của từ thông qua cuộn dây và suất điện động cảm ứng tức thời trong cuộn dây.

- Các đặc trưng của dòng điện xoay chiều.
- Các mạch điện xoay chiều cơ bản ; mạch có *R, L, C* mắc nối tiếp ; phương pháp giản đồ Fre-nen.
- Định luật Ôm đối với dòng điện xoay chiều có *R, L, C* mắc nối tiếp.
- Công suất của dòng điện xoay chiều.
- Truyền tải điện năng ; máy biến áp.
- Máy phát điện xoay chiều.
- Động cơ không đồng bộ ba pha.

12 ĐẠI CƯƠNG VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Trong chương trình Vật lí lớp 11 ta đã nghiên cứu dòng điện một chiều không đổi. Từ bài này ta bắt đầu nghiên cứu dòng điện xoay chiều, những đặc trưng, tính chất cơ bản và những ứng dụng của dòng điện ấy. Với các dòng điện xoay chiều, hiệu điện thế được gọi là điện áp.

I - KHÁI NIỆM VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU



Dòng điện xoay chiều hình sin, gọi tắt là dòng điện xoay chiều, là dòng điện có cường độ biến thiên tuần hoàn với thời gian theo quy luật của hàm số sin hay côsin, với dạng tổng quát :

$$i = I_0\cos(\omega t + \varphi) \quad (12.1)$$

Trong (12.1), i là giá trị cường độ dòng điện tại thời điểm t, được gọi là giá trị tức thời của i (*cường độ tức thời*).

- $I_0 > 0$ được gọi là giá trị cực đại của i (*cường độ cực đại*).
- $\omega > 0$ được gọi là *tần số góc*, $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$ là *chu kì* và $f = \dfrac{\omega}{2\pi}$ là *tần số của i*.
- $\alpha = \omega t + \varphi$ là *pha* của i và φ là *pha ban đầu*.



II - NGUYÊN TẮC TẠO RA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Ta cho một cuộn dây dẫn dẹt hình tròn, giả sử hai đầu dây khép kín, quay xung quanh một trục cố định nằm trong cùng mặt phẳng với cuộn dây đặt trong một từ trường đều $\vec{B}$ có phương vuông góc với trục quay.

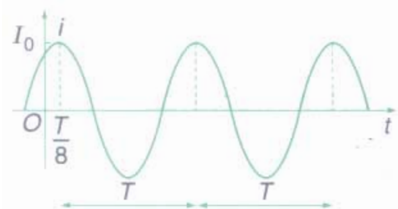
C1 Nhắc lại định nghĩa dòng điện một chiều không đổi.

C2 Xác định giá trị cực đại, tần số góc, chu kì, tần số, pha ban đầu của các dòng điện xoay chiều có cường độ tức thời (tính ra ampe) cho bởi :

a) $i = 5\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$

b) $i = 2\sqrt{2}\cos(100\pi t - \dfrac{\pi}{3})$

c) $i = -5\sqrt{2}\cos 100\pi t$.



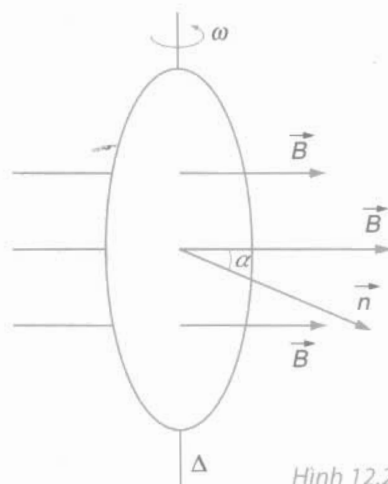
Hình 12.1

C3 Trên Hình 12.1, đồ thị hình sin của i cắt :

1. trục hoành tại những điểm có toạ độ bằng bao nhiêu T ?

2. trục tung tại điểm có toạ độ bằng bao nhiêu I_0 ?

Khi đó trong cuộn dây sẽ xuất hiện một dòng điện xoay chiều. Trên Hình 12.2, α là góc giữa vectơ pháp tuyến $\vec{n}$ của mặt phẳng chứa cuộn dây và vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$. Giả sử lúc $t = 0$, $\alpha = 0$, đến lúc $t > 0$, $\alpha = \omega t$ với ω là tốc độ góc của cuộn dây quay xung quanh trục Δ.



Hình 12.2

Lúc t, từ thông qua cuộn dây là :

$$\Phi = NBS\cos\alpha = NBS\cos\omega t$$

với N là số vòng dây và S là diện tích mỗi vòng.

Vì từ thông Φ qua cuộn dây biến thiên theo t nên trong cuộn dây xuất hiện suất điện động cảm ứng được tính theo định luật Fa-ra-đây :

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = NBS\omega\sin\omega t \qquad (12.2)$$

Nếu cuộn dây khép kín có điện trở R thì cường độ dòng điện cảm ứng là :

$$i = \frac{NBS\omega}{R}\sin\omega t \qquad (12.3)$$

Đây là dòng điện xoay chiều với tần số góc ω và biên độ là :

$$I_0 = \frac{NBS\omega}{R} \qquad (12.4)$$

Chiều dương của i liên hệ với chiều pháp tuyến $\vec{n}$ của mặt phẳng chứa cuộn dây theo quy tắc nắm tay phải.

III - GIÁ TRỊ HIỆU DỤNG

1. Thực nghiệm chứng tỏ rằng, dòng điện xoay chiều cũng có tác dụng nhiệt Jun – Len-xơ như dòng điện một chiều. Khi cho dòng điện xoay chiều chạy qua một dây dẫn có điện trở R thì dây dẫn ấy nóng lên. Điều đó chứng tỏ có một nhiệt lượng toả ra trong dây dẫn. Nhiệt lượng này bằng điện năng tiêu thụ trong R.

Nếu $i = I_0\cos\omega t$ là cường độ tức thời chạy qua R, thì công suất tức thời tiêu thụ trong R cũng được tính theo công thức :

$$p = Ri^2 = RI_0^2\cos^2\omega t \qquad (12.5)$$

Công thức (12.5) chứng tỏ rằng, công suất điện p biến thiên tuần hoàn theo t, do đó có tên là công suất tức thời.

Giá trị trung bình của p trong một chu kì là :

$$\overline{p} = RI_0^2\overline{\cos^2\omega t} \qquad (12.6)$$

trong đó tính toán được $\overline{\cos^2\omega t} = \dfrac{1}{2}$

Giá trị này được gọi là *công suất trung bình*, kí hiệu là :

$$\mathscr{P} = \overline{p} = \frac{1}{2}RI_0^2 \qquad (12.7)$$

Công thức (12.7) này có thể đưa về dạng giống như công thức viết cho dòng điện không đổi :

$$\mathscr{P} = RI^2 \qquad (12.8)$$

Nếu ta đặt : $I^2 = \dfrac{I_0^2}{2}$

thì : $$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \qquad (12.9)$$

Đại lượng I được gọi là *giá trị hiệu dụng* của cường độ dòng điện xoay chiều (*cường độ hiệu dụng*).



Ta có định nghĩa : *Cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều là đại lượng có giá trị bằng cường độ của một dòng điện không đổi, sao cho khi đi qua cùng một điện trở R thì công suất tiêu thụ trong R bởi hai dòng điện đó là như nhau.*

C4 Tính điện năng tiêu thụ của dòng điện xoay chiều trên điện trở R trong 1 h như thế nào ?

2. Ngoài cường độ dòng điện, đối với dòng điện xoay chiều, còn có nhiều đại lượng điện và từ khác cũng là những hàm số sin hay côsin của thời gian *t* như điện áp, suất điện động, cường độ điện trường, điện tích... Với những đại lượng này, người ta cũng định nghĩa các giá trị hiệu dụng tương ứng, như công thức (12.9) :

$$\text{Giá trị hiệu dụng} = \frac{\text{Giá trị cực đại}}{\sqrt{2}}$$

Sử dụng các giá trị hiệu dụng để tính toán các mạch điện xoay chiều rất thuận tiện vì đa số các công thức đối với dòng điện xoay chiều sẽ có cùng một dạng như các công thức tương ứng của dòng điện một chiều không đổi. Do đó, các số liệu ghi trên các thiết bị điện đều là các giá trị hiệu dụng. Ví dụ, trên một bóng đèn có ghi 220 V – 5 A, nghĩa là :

Điện áp hiệu dụng : $U = 220$ V

Cường độ dòng điện hiệu dụng : $I = 5$ A

Các thiết bị đo đối với mạch điện xoay chiều chủ yếu cũng là đo giá trị hiệu dụng.



Ghi chú : Điện áp tức thời, cường độ dòng điện tức thời... nhiều khi có thể gọi tắt là điện áp, cường độ dòng điện....

C5 Mạch điện xoay chiều có ghi 220 V. Tính giá trị cực đại của điện áp.

Dòng điện xoay chiều được hiểu là dòng điện có cường độ là hàm số sin hay côsin của thời gian.

Những đại lượng đặc trưng cho dòng điện xoay chiều :

- Các giá trị tức thời, cực đại, hiệu dụng của cường độ dòng điện, điện áp...

- Tần số góc, tần số và chu kì ;

- Pha và pha ban đầu.

Khi tính toán, đo lường,... các đại lượng của mạch điện xoay chiều, người ta chủ yếu tính hoặc đo các giá trị hiệu dụng.

Người ta tạo ra dòng điện xoay chiều bằng máy phát điện xoay chiều. Máy này hoạt động dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Phát biểu các định nghĩa :

   a) giá trị tức thời ;

   b) giá trị cực đại ;

   c) giá trị hiệu dụng của cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều hình sin.

2. Tại sao phải quy định thống nhất tần số của dòng điện xoay chiều tạo ra trong kĩ thuật ?

3. Xác định giá trị trung bình theo thời gian của :

   a) $2\sin 100\pi t$; b) $2\cos 100\pi t$;

   c) $2\sin(100\pi t + \frac{\pi}{6})$; d) $4\sin^2 100\pi t$;

   e) $3\cos(100\pi t - \frac{\pi}{3})$.

4. Trên một bóng đèn có ghi 220 V – 100 W, nối đèn ấy vào mạng điện xoay chiều có $U = 220$ V. Xác định :

   a) điện trở của đèn ;

   b) cường độ hiệu dụng qua đèn ;

   c) điện năng tiêu thụ của đèn trong một giờ.

5. Một mạch điện gồm hai đèn mắc song song, trên mỗi đèn có ghi : 220 V–115 W ; 220 V –132 W. Nối hai đầu của mạch điện ấy vào mạng điện xoay chiều có $U = 220$ V. Xác định :

   a) công suất tiêu thụ trong mạch điện ;

   b) cường độ dòng điện cung cấp cho mạch điện.

6. Trên một đèn có ghi 100 V – 100 W. Mạch điện sử dụng có $U = 110$ V.

   Để đảm bảo đèn sáng bình thường, phải mắc thêm vào mạch điện một điện trở bằng bao nhiêu ?

7. Với dòng điện xoay chiều, cường độ hiệu dụng I liên hệ với cường độ cực đại I_0 theo công thức nào ?

   A. $I = \frac{I_0}{2}$; B. $I = \frac{I_0}{3}$;

   C. $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$; D. $I = \frac{I_0}{\sqrt{3}}$.

* *Dùng cho bài 8 và 9 : Điện áp tức thời giữa hai đầu của một đoạn mạch xoay chiều là*

$$u = 80\cos 100\pi t \text{ (V)}$$

8. Tần số góc của dòng điện là bao nhiêu ?

   A. 100π rad/s ; B. 100 Hz ;

   C. 50 Hz ; D. 100π Hz.

9. Điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đoạn mạch đó là bao nhiêu ?

   A. 80 V ; B. 40 V ;

   C. $80\sqrt{2}$ V ; D. $40\sqrt{2}$ V.

10. Một đèn điện có ghi 110 V – 100 W mắc nối tiếp với điện trở R vào một mạch xoay chiều có $u = 220\sqrt{2}\sin 100\omega t$ (V). Để đèn sáng bình thường, R phải có giá trị là bao nhiêu ?

    A. 1210 Ω ; B. $\frac{10}{11}$ Ω ;

    C. 121 Ω ; D. 110 Ω.

13 CÁC MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

Trong bài này ta nghiên cứu dòng điện xoay chiều xuất hiện trong một mạch điện khi giữa hai đầu của mạch điện có tác dụng một điện áp xoay chiều (H.13.1).

Thực nghiệm và lí thuyết chứng tỏ rằng nếu cường độ dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch điện có dạng :

$$i = I_0 \cos \omega t = I\sqrt{2} \cos \omega t \qquad (13.1)$$

thì điện áp xoay chiều ở hai đầu mạch điện có cùng tần số ω, nghĩa là có thể viết dưới dạng :

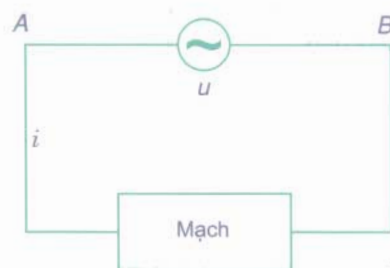
$$u = U_0 \cos(\omega t + \varphi) = U\sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi) \qquad (13.2)$$

Đại lượng φ trong (13.2) được gọi là *độ lệch pha* giữa u và i.

Nếu $\varphi > 0$ thì ta nói *u sớm pha φ* so với i ;

Nếu $\varphi < 0$ thì ta nói *u trễ pha $|\varphi|$* so với i ;

Nếu $\varphi = 0$ thì ta nói *u cùng pha* với i.



Hình 13.1

Chú ý : Trong sơ đồ vẽ trên Hình 13.1, u và i là các đại lượng đại số. Ta quy ước rằng khi điện thế tại A cao hơn điện thế tại B thì $u > 0$; còn $u < 0$ trong trường hợp ngược lại. Còn nếu chiều dòng điện đi qua mạch từ A đến B thì $i > 0$ và $i < 0$ trong trường hợp ngược lại.

I - MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ ĐIỆN TRỞ

Nối hai đầu của mạch chỉ có điện trở R vào điện áp xoay chiều $u = U\sqrt{2}\cos\omega t$ (H.13.2). Tuy là dòng điện xoay chiều, nhưng tại một thời điểm, dòng điện i chạy theo một chiều xác định. Vì đây là dòng điện trong kim loại nên theo định luật Ôm i và u tỉ lệ với nhau :

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U}{R}\sqrt{2}\cos\omega t$$

Nếu ta đặt : $I = \dfrac{U}{R}$ (13.3)

thì : $$\boldsymbol{i = I\sqrt{2}\cos\omega t} \qquad (13.4)$$

C1



Hình 13.2

C1 Hãy nhắc lại các định nghĩa của u, U_0 và U.

Từ (13.3) và (13.4) có thể rút ra những kết luận sau :

1. *Cường độ hiệu dụng trong mạch điện xoay chiều chỉ có điện trở có giá trị bằng thương số giữa điện áp hiệu dụng và điện trở của mạch.* Phát biểu này gọi là định luật Ôm đối với mạch điện xoay chiều thuần điện trở.

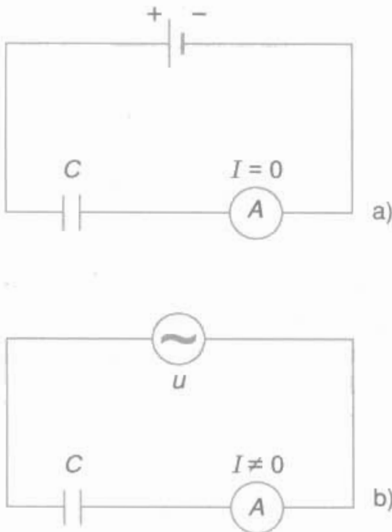
C2 Phát biểu định luật Ôm đối với dòng điện một chiều qua một dây dẫn.

2. Cường độ tức thời trong mạch cùng pha với điện áp tức thời hai đầu mạch.



II - MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ TỤ ĐIỆN

1. Thí nghiệm



Hình 13.3

Trên Hình 13.3a, mạch điện của nguồn một chiều có mắc xen vào một tụ điện C : ampe kế [1] không chỉ dòng điện nào cả.

Trên Hình 13.3b, mạch điện của nguồn xoay chiều có mắc xen vào một tụ điện C : ampe kế chỉ một dòng điện có cường độ (hiệu dụng) $I \neq 0$.

Kết luận : Dòng điện xoay chiều có thể tồn tại trong những mạch điện có chứa tụ điện.

2. Khảo sát mạch điện xoay chiều chỉ có tụ điện

a) Ta hãy nối một tụ điện C vào một nguồn điện xoay chiều tạo nên điện áp u giữa hai tấm của tụ điện.

$$u = U_0 \cos \omega t = U\sqrt{2} \cos \omega t$$

Điện tích tấm bên trái của tụ điện :

$$q = Cu = CU\sqrt{2}\cos\omega t \qquad (13.5)$$

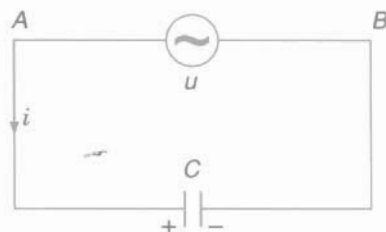
thay đổi theo thời gian t. Điều này chứng tỏ sự tồn tại của dòng điện trong mạch. Độ biến thiên điện tích q cho phép ta tính cường độ dòng điện trong mạch.

C3 Dòng điện trên Hình 13.4 có "chạy qua" hai tấm của tụ điện không ? Cơ chế của dòng điện ấy như thế nào ?



(1) Ampe kế này thuộc loại ampe kế nhiệt, đo được cường độ của dòng điện một chiều và dòng điện xoay chiều.

Giả sử tại một thời điểm t, dòng điện chạy theo chiều mũi tên (H.13.4) và tấm bên trái đang tích điện dương, nhờ đó điện tích tụ điện tăng lên. Sau một khoảng thời gian Δt, lượng điện tích của tụ điện từ giá trị q tăng lên thành $q + \Delta q$, nghĩa là đã tăng thêm Δq. Cường độ dòng điện tại thời điểm t được tính bằng tỉ số giữa Δq và Δt :



Hình 13.4

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (13.6)$$

Khi Δt và Δq là những đại lượng vô cùng nhỏ thì vế phải của (13.6) là đạo hàm của q theo t :

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (13.6')$$

Ghi chú : Chọn chiều dương của i như Hình 13.4. Gọi q là điện tích tấm bên trái của tụ điện. Cường độ dòng điện $i = \frac{dq}{dt}$ sẽ dương khi q tăng và âm khi q giảm.

Theo (13.6'), ta tính được :

$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega CU\sqrt{2}\sin\omega t$$

hay $$i = U\omega C\sqrt{2}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (13.7)$$

b) Từ (13.7) có thể rút ra kết luận sau :

Nếu đặt $I = U\omega C$

thì ta có $$\boldsymbol{i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})} \quad (13.8)$$

và $$\boldsymbol{u = U\sqrt{2}\cos\omega t} \quad (13.9)$$

I là cường độ hiệu dụng trong mạch.

Nếu đổi gốc tính thời gian sao cho pha ban đầu của dòng điện bằng 0 thì ta sẽ có

$$\boldsymbol{i = I\sqrt{2}\cos\omega t} \quad (13.8')$$

và $$\boldsymbol{u = U\sqrt{2}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})} \quad (13.9')$$

Ta có thể viết : $I = \dfrac{U}{\dfrac{1}{\omega C}}$

và nếu đặt : $$Z_C = \frac{1}{\omega C} \quad (13.10)$$

thì : $$I = \frac{U}{Z_C} \quad (13.11)$$

So sánh (13.11) với định luật Ôm (13.3) ta thấy Z_C là một đại lượng có vai trò tương tự như điện trở R trong mạch chứa điện trở. Đại lượng $Z_C = \frac{1}{\omega C}$ được gọi là *dung kháng* của mạch (và được đo bằng ôm). Hệ thức (13.11) được phát biểu : ***Cường độ hiệu dụng trong mạch chỉ chứa tụ điện có giá trị bằng thương số của điện áp hiệu dụng giữa hai đầu mạch và dung kháng của mạch.***

Phát biểu trên đây được gọi là định luật Ôm đối với mạch chứa tụ điện.

C4 Chứng minh rằng đại lượng $Z_C = \frac{1}{\omega C}$ có đơn vị là ôm (đơn vị của điện trở).

C4

c) *So sánh pha dao động của u và i*

Dựa vào các biểu thức :

$u = U\sqrt{2}\cos\omega t$ và $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$, ta kết luận :

Trong mạch chỉ chứa tụ điện, cường độ dòng điện qua tụ điện sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện áp hai đầu tụ điện (hoặc điện áp ở hai đầu tụ điện trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với cường độ dòng điện).

Nói cách khác : Trong mạch điện xoay chiều, tụ điện là phần tử có tác dụng làm cho cường độ dòng điện tức thời sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện áp tức thời.

Ví dụ : Cho

$u = 220\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V) ;

$C = \frac{1}{1\,000\pi}$ F

Khi đó :

$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1\,000\pi}{100\pi} = 10\ \Omega$

$I = \frac{U}{Z_C} = \frac{220}{10} = 22$ A

và cuối cùng :

$i = 22\sqrt{2}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{2})$ (A)

3. Ý nghĩa của dung kháng

Tương tự như điện trở, dung kháng $Z_C = \frac{1}{\omega C}$ là đại lượng biểu hiện sự cản trở dòng điện xoay chiều của tụ điện.

Nếu C càng lớn thì Z_C càng nhỏ và dòng điện xoay chiều bị cản trở ít.

Nếu tần số góc càng lớn thì Z_C càng nhỏ, dòng điện xoay chiều bị cản trở ít. Nói cách khác, dòng điện xoay chiều tần số cao (cao tần) chuyển qua mạch có tụ điện dễ dàng hơn dòng điện xoay chiều tần số thấp. Ngoài ra dung kháng cũng có tác dụng làm cho i sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với u.

III - MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ CUỘN CẢM THUẦN

Cuộn cảm thuần là cuộn cảm có điện trở không đáng kể, khi dòng điện xoay chiều chạy qua cuộn cảm sẽ xảy ra hiện tượng tự cảm.

1. Hiện tượng tự cảm trong mạch điện xoay chiều

Khi có dòng điện cường độ i chạy qua một cuộn cảm (cuộn dây dẫn nhiều vòng, ống dây hình trụ thẳng dài, hoặc hình xuyến,...) thì từ thông tự cảm có biểu thức :

$$\Phi = Li$$

với L là độ tự cảm của cuộn cảm.

Trường hợp i là một dòng điện xoay chiều thì từ thông Φ biến thiên tuần hoàn theo t, do đó trong cuộn cảm xuất hiện suất điện động tự cảm :

$$e = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Khi $\Delta t \to 0$, thì $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ là đạo hàm của i theo t và suất điện động tự cảm có biểu thức :

$$e = -L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} \quad (13.12)$$



C5 Chứng minh hệ thức sau đây giữa điện áp u ở hai đầu cuộn cảm và dòng điện i chạy qua cuộn cảm đó (H.13.5).

$$u_{AB} = ri + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$$



Hình 13.5

2. Khảo sát mạch điện xoay chiều chỉ có cuộn cảm thuần

Hình 13.6

Đặt vào hai đầu của một cuộn cảm thuần (có độ tự cảm L và có điện trở r bằng không) một điện áp xoay chiều, tần số góc ω, giá trị hiệu dụng U (H.13.6). Giả sử cường độ tức thời trong mạch có biểu thức :

$$i = I\sqrt{2}\cos\omega t$$

Theo kết quả đã nêu ở C5, điện áp tức thời ở hai đầu cuộn cảm thuần ($r = 0$) cho bởi :

$$u = L\frac{di}{dt} = -\omega LI\sqrt{2}\sin\omega t$$

hay $$u = \omega LI\sqrt{2}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

a) Kết quả này chứng tỏ rằng điện áp hiệu dụng ở hai đầu cuộn cảm là :

$$U = \omega LI$$

Suy ra : $$I = \frac{U}{\omega L} \quad (13.13)$$

Đặt : $$Z_L = \omega L \quad (13.14)$$

ta có : $$I = \frac{U}{Z_L} \quad (13.15)$$

Z_L (có đơn vị của điện trở) gọi là *cảm kháng* của mạch. Và (13.15) có thể phát biểu :

Trong mạch điện xoay chiều chỉ có cuộn cảm thuần, cường độ hiệu dụng có giá trị bằng thương số của điện áp hiệu dụng và cảm kháng của mạch.

Phát biểu này được gọi là định luật Ôm đối với đoạn mạch chỉ có một cuộn cảm thuần.

C6 Chứng minh rằng $Z_L = \omega L$ có đơn vị của điện trở.



b) Từ các phương trình :

$$u = U\sqrt{2}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$i = I\sqrt{2}\cos\omega t$$

Suy ra rằng i trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với u.

Kết luận : Trong mạch điện xoay chiều có một cuộn cảm thuần, cường độ dòng điện trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện áp, hoặc điện áp sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với cường độ dòng điện.

Ví dụ : Cho $u = 300\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V),

$$L = \frac{0,2}{\pi}\ \text{H},\ r = 0.$$

Khi đó $Z_L = \omega L = 20\ \Omega$

và $I = \frac{U}{Z_L} = \frac{300}{20} = 15$ A ;

$$i = 15\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2})\ \text{(A)}$$

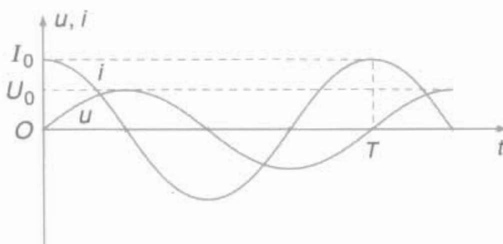
3. Ý nghĩa của cảm kháng

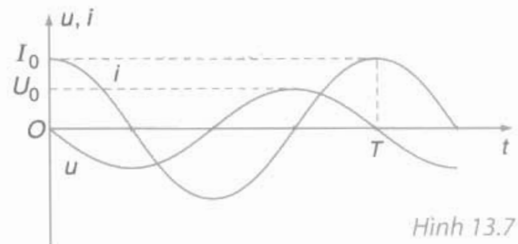
Cảm kháng có vai trò tương tự như điện trở R, đặc trưng cho tính cản trở dòng điện xoay chiều của cuộn cảm. Ta thấy khi L lớn và khi ω lớn thì Z_L lớn. Vậy cuộn cảm có L lớn sẽ cản trở nhiều đối với dòng điện xoay chiều, nhất là dòng điện xoay chiều cao tần. Ngoài ra cảm kháng thuần có tác dụng làm cho i trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với u.

Chú ý rằng, cơ chế tác dụng cản trở dòng điện xoay chiều của R và của L khác hẳn nhau. Trong khi điện trở làm yếu dòng điện do hiệu ứng Jun thì cuộn cảm làm yếu dòng điện do định luật Len-xơ về cảm ứng điện từ.

$$i = I\sqrt{2}\cos\omega t$$

Mạch chỉ có một tụ điện	Mạch chỉ có một cuộn cảm thuần
$u = U\sqrt{2}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$	$u = U\sqrt{2}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
$Z_C = \frac{1}{\omega C}$	$Z_L = \omega L$
$I = \frac{U}{Z_C}$	$I = \frac{U}{Z_L}$





Hình 13.7

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

?

1. Phát biểu định luật Ôm cho mạch điện xoay chiều chỉ có

a) một tụ điện ;

b) một cuộn cảm thuần.

2. Dựa vào định luật Ôm, hãy so sánh tác dụng cản trở dòng điện xoay chiều thể hiện trong

a) Z_C ; b) Z_L.



3. Điện áp giữa hai đầu của một tụ điện :

$$u = 100\sqrt{2}\cos 100\pi t \text{ (V)}$$

Cường độ hiệu dụng trong mạch I = 5 A.

a) Xác định C. b) Viết biểu thức của i.

4. Điện áp giữa hai đầu của một cuộn cảm thuần :

$$u = 100\sqrt{2}\cos 100\pi t \text{ (V)}$$

Cường độ hiệu dụng trong mạch I = 5 A.

a) Xác định L. b) Viết biểu thức của i.

5. Chứng minh rằng, khi hai cuộn cảm thuần L_1 và L_2 mắc nối tiếp trong một mạch điện xoay chiều thì cuộn cảm tương đương có cảm kháng cho bởi :

$$Z_L = (L_1 + L_2)\omega$$

6. Chứng minh rằng, khi hai tụ điện C_1 và C_2 mắc nối tiếp thì điện dung tương đương có dung kháng :

$$Z_C = \frac{1}{C\omega} \quad \text{và} \quad \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C_1\omega} + \frac{1}{C_2\omega}$$

7. Một đoạn mạch chứa một số tụ điện có điện dung tương đương C, đặt vào hai đầu đoạn mạch điện áp tức thời $u = U_0\cos\omega t$ (V). Cường độ hiệu dụng trong mạch là bao nhiêu ?

A. $\dfrac{U_0}{C\omega}$; B. $\dfrac{U_0}{\sqrt{2}C\omega}$;

C. $U_0C\omega$; D. $\dfrac{U_0}{\sqrt{2}}C\omega$.

8. Đoạn mạch chứa một cuộn cảm thuần L ; đặt vào hai đầu đoạn mạch điện áp tức thời $u = U_0\cos\omega t$ (V) thì cường độ hiệu dụng trong mạch là bao nhiêu ?

A. $\dfrac{U_0}{L\omega}$; B. $\dfrac{U_0}{\sqrt{2}L\omega}$;

C. $U_0L\omega$; D. $\dfrac{U_0}{\sqrt{2}}L\omega$.

9. Điện áp $u = 200\sqrt{2}\cos\omega t$ (V) đặt vào hai đầu một cuộn cảm thuần thì tạo ra dòng điện có cường độ hiệu dụng I = 2 A. Cảm kháng có giá trị là bao nhiêu ?

A. 100 Ω ; B. 200 Ω ;

C. $100\sqrt{2}$ Ω ; D. $200\sqrt{2}$ Ω.

14 MẠCH CÓ *R, L, C* MẮC NỐI TIẾP

Bài 13 nghiên cứu các mạch điện xoay chiều sơ cấp chỉ gồm một loại phần tử (điện trở, tụ điện hay cuộn cảm). Trong bài này, chúng ta nghiên cứu các mạch điện xoay chiều gồm các phần tử khác loại mắc nối tiếp với nhau.

I - PHƯƠNG PHÁP GIẢN ĐỒ FRE-NEN

1. Định luật về điện áp tức thời

Tại một thời điểm xác định, dòng điện trong mạch xoay chiều chạy theo một chiều nào đó, nghĩa là tại thời điểm ấy dòng điện là dòng một chiều. Vì vậy ta có thể áp dụng các định luật về dòng điện một chiều cho các giá trị tức thời của dòng điện xoay chiều. Cụ thể là *trong mạch xoay chiều gồm nhiều đoạn mạch mắc nối tiếp thì điện áp tức thời giữa hai đầu của mạch bằng tổng đại số các điện áp tức thời giữa hai đầu của từng đoạn mạch ấy.*



C1 Hãy nhắc lại định luật về hiệu điện thế trong mạch điện một chiều gồm nhiều điện trở mắc nối tiếp.

2. Phương pháp giản đồ Fre-nen

Theo các quy tắc nêu ở trên, khi giải các mạch điện xoay chiều, ta phải cộng (đại số) các điện áp tức thời. Chúng đều là những đại lượng xoay chiều hình sin cùng tần số. Theo phương pháp giản đồ Fre-nen đã trình bày ở bài 5, ta có thể biểu diễn các đại lượng *u*, *i* đối với từng đoạn mạch ở bài 13 như Bảng 14.1.

Bảng 14.1

Mạch	Các vectơ quay $\vec{U}$ và $\vec{I}$	Định luật Ôm
R u, i cùng pha	$\vec{I}$, $\vec{U_R}$	$U_R = RI$
C u trễ $\frac{\pi}{2}$ so với i i sớm $\frac{\pi}{2}$ so với u	$\vec{I}$, $\vec{U_C}$; $\vec{I}$, $\vec{U_C}$	$U_C = Z_C I$
L (thuần) u sớm $\frac{\pi}{2}$ so với i i trễ $\frac{\pi}{2}$ so với u	$\vec{U_L}$, $\vec{I}$; $\vec{U_L}$, $\vec{I}$	$U_L = Z_L I$

Phép cộng đại số các đại lượng xoay chiều hình sin (cùng tần số) được thay thế bằng *phép tổng hợp các vectơ quay tương ứng.*

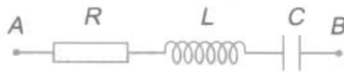
Các thông tin về tổng đại số phải tính (giá trị hiệu dụng, độ lệch pha) được hoàn toàn xác định bằng các tính toán trên giản đồ Fre-nen tương ứng.

C2 Hãy giải thích vị trí tương hỗ của các vectơ quay $\vec{U}$ và $\vec{I}$ trong Bảng 14.1.



II - MẠCH CÓ *R, L, C* MẮC NỐI TIẾP

1. Định luật Ôm cho đoạn mạch có *R, L, C* mắc nối tiếp. Tổng trở



Hình 14.1

Ta hãy tìm hệ thức giữa U và I của một mạch gồm một điện trở R, một cuộn cảm thuần L và một tụ điện C mắc nối tiếp (H.14.1). Cho biết điện áp tức thời giữa hai đầu đoạn mạch :

$$u = U\sqrt{2}\cos\omega t.$$

Hệ thức giữa các điện áp tức thời trong mạch :

$$u = u_R + u_L + u_C$$

Nếu biểu diễn các điện áp tức thời bằng các vectơ quay thì hệ thức đại số ở trên sẽ chuyển thành hệ thức vectơ :

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

trong đó : $U_R = RI$; $U_L = Z_L I$; $U_C = Z_C I$

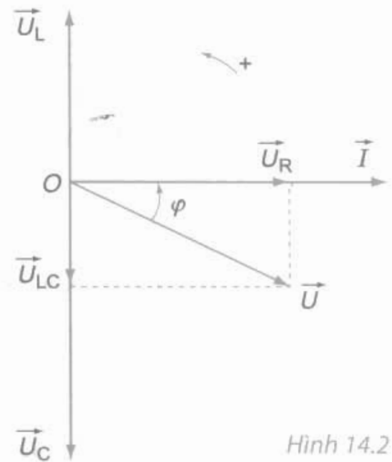
và $\vec{U}_R // \vec{I}$; $\vec{U}_L \perp \vec{I}$; $\vec{U}_C \perp \vec{I}$

Ta nhận thấy hai vectơ $\vec{U}_L$ và $\vec{U}_C$ cùng phương (cùng vuông góc với vectơ $\vec{I}$) và ngược chiều nhau, vậy ta tổng hợp hai vectơ đó trước :

Đặt : $\vec{U}_{LC} = \vec{U}_L + \vec{U}_C$

Ta có : $U_{LC} = |Z_L - Z_C| I$

Giả sử $U_C > U_L$ hay $Z_C > Z_L$, ta có giản đồ Fre-nen vẽ ở Hình 14.2. Theo giản đồ này, ta có :



Hình 14.2

$$U^2 = U_R^2 + U_{LC}^2$$
$$= \left[R^2 + (Z_L - Z_C)^2\right] I^2$$

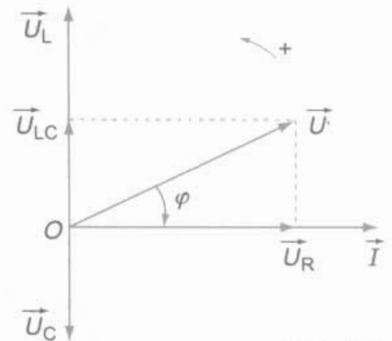
nghĩa là :

$$\boldsymbol{I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}} = \frac{U}{Z}} \qquad (14.1)$$

với $$\boldsymbol{Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}} \qquad (14.2)$$

gọi là *tổng trở* của mạch.

Nếu $U_L > U_C$ hay $Z_L > Z_C$, thì ta có giản đồ Fre-nen vẽ ở Hình 14.3 và các công thức (14.1), (14.2) vẫn đúng.



Hình 14.3



 Chứng minh các hệ thức (14.1), (14.2) cho trường hợp $U_L > U_C$.

Công thức (14.1) diễn tả định luật Ôm trong mạch có *R*, *L*, *C* mắc nối tiếp.

Cường độ hiệu dụng trong một mạch điện xoay chiều có R, L, C mắc nối tiếp có giá trị bằng thương số của điện áp hiệu dụng của mạch và tổng trở của mạch :

$$\boldsymbol{I = \frac{U}{Z}} \qquad (14.3)$$

2. Độ lệch pha giữa điện áp và dòng điện

Góc lệch pha φ giữa điện áp và cường độ dòng điện được vẽ trên các Hình 14.2 và 14.3. Căn cứ vào các hình vẽ này, ta có ngay kết quả :

$$\tan|\varphi| = \frac{U_{LC}}{U_R}$$

Nếu chú ý đến dấu của φ hoặc $\tan\varphi$, ta có thể viết :

$$\mathbf{\tan\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{Z_L - Z_C}{R}} \qquad (14.4)$$

trong đó, φ là độ lệch pha của *u đối với i*.

Nếu $Z_L > Z_C$ thì $\varphi > 0$: Điện áp *u* sớm pha so với dòng điện *i* một góc φ. Đó là trường hợp ở Hình 14.3.

Nếu $Z_L < Z_C$ thì $\varphi < 0$: Điện áp *u* trễ pha so với dòng điện *i* một góc φ. Đó là trường hợp ở Hình 14.2.

Ghi chú : Nếu ta kí hiệu φ là độ lệch pha của *i đối với u* thì :

$$\tan\varphi = \frac{Z_C - Z_L}{R}$$

3. Cộng hưởng điện

Nếu $Z_L = Z_C$ thì $\tan\varphi = 0$, suy ra $\varphi = 0$. Dòng điện cùng pha với điện áp.

Lúc đó tổng trở của mạch sẽ là $Z = R$. Cường độ dòng điện hiệu dụng trong mạch sẽ có giá trị lớn nhất và bằng :

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

Đó là hiện tượng *cộng hưởng điện*.

Điều kiện để có cộng hưởng điện là :

$$Z_L = Z_C \Rightarrow L\omega = \frac{1}{C\omega} \text{ hay}$$

$$\mathbf{\omega^2 LC = 1} \qquad (14.5)$$

- **Tổng trở của mạch RLC nối tiếp : $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$**
- **Định luật Ôm cho đoạn mạch xoay chiều có R, L, C mắc nối tiếp : $I = \frac{U}{Z}$**
- **Công thức tính góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện : $\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R}$**

  Nếu $Z_L > Z_C$: Điện áp u sớm pha so với dòng điện i.

  Nếu $Z_L < Z_C$: Điện áp u trễ pha so với dòng điện i.
- **Cộng hưởng điện xảy ra khi $Z_L = Z_C$ hay $\omega^2 LC = 1$.**

  Khi đó I sẽ lớn nhất : $I = \frac{U}{R}$.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Phát biểu định luật Ôm đối với mạch điện xoay chiều có R, L, C mắc nối tiếp.

2. Dòng nào ở cột A tương ứng với dòng nào ở cột B ?

A	B
1. Mạch có R	a) u sớm pha so với i
2. Mạch có R, C mắc nối tiếp	b) u sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với i
3. Mạch có R, L mắc nối tiếp	c) u trễ pha so với i
4. Mạch có R, L, C mắc nối tiếp ($Z_L > Z_C$)	d) u trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với i
5. Mạch có R, L, C mắc nối tiếp ($Z_L < Z_C$)	e) u cùng pha so với i
6. Mạch có R, L, C mắc nối tiếp ($Z_L = Z_C$)	f) cộng hưởng

3. Trong mạch điện xoay chiều nối tiếp, cộng hưởng là gì ? Đặc trưng của cộng hưởng là gì ?

4. Mạch điện xoay chiều gồm có $R = 20\ \Omega$ nối tiếp với tụ điện $C = \frac{1}{2\,000\pi}$ F. Tìm biểu thức của cường độ dòng điện tức thời i, biết $u = 60\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V).

5. Mạch điện xoay chiều gồm có $R = 30\ \Omega$ nối tiếp với cuộn cảm thuần : $L = \frac{0,3}{\pi}$ H. Cho điện áp tức thời giữa hai đầu mạch $u = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V). Viết biểu thức của i.

6. Mạch điện xoay chiều gồm điện trở $R = 30\ \Omega$ nối tiếp với một tụ điện C. Cho biết điện áp hiệu dụng giữa hai đầu mạch bằng 100 V, giữa hai đầu tụ điện bằng 80 V, tính Z_C và cường độ hiệu dụng I.

7. Mạch điện xoay chiều gồm điện trở $R = 40\ \Omega$ ghép nối tiếp với cuộn cảm thuần L. Cho biết điện áp tức thời hai đầu mạch $u = 80\cos100\pi t$ (V) và điện áp hiệu dụng hai đầu cuộn cảm $U_L = 40$ V.

a) Xác định Z_L.

b) Viết biểu thức của i.

8. Mạch điện xoay chiều gồm có :

$R = 30\ \Omega$, $C = \dfrac{1}{5000\pi}$ F, $L = \dfrac{0,2}{\pi}$ H.

Biết điện áp tức thời hai đầu mạch

$u = 120\sqrt{2}\cos100\pi t$ (V).

Viết biểu thức của i.

9. Mạch điện xoay chiều gồm có :

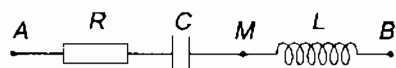
$R = 40\ \Omega$, $C = \dfrac{1}{4000\pi}$ F, $L = \dfrac{0,1}{\pi}$ H.

Biết điện áp tức thời hai đầu mạch

$u = 120\sqrt{2}\cos100\pi t$ (V).

a) Viết biểu thức của i.

b) Tính U_{AM} (H.14.4).



Hình 14.4

10. Cho mạch điện xoay chiều gồm $R = 20\ \Omega$,

$L = \dfrac{0,2}{\pi}$ H và $C = \dfrac{1}{2000\pi}$ F. Biết điện áp tức thời hai đầu mạch $u = 80\cos\omega t$ (V), tính ω để trong mạch có cộng hưởng. Khi đó viết biểu thức của i.

11. Chọn câu đúng.

Đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp có $R = 40\ \Omega$; $\dfrac{1}{\omega C} = 20\ \Omega$; $\omega L = 60\ \Omega$. Đặt vào hai đầu mạch điện áp $u = 240\sqrt{2}\cos100\pi t$ (V). Cường độ dòng điện tức thời trong mạch là :

A. $i = 3\sqrt{2}\cos100\pi t$ (A)

B. $i = 6\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ (A)

C. $i = 3\sqrt{2}\cos(100\pi t - \dfrac{\pi}{4})$ (A)

D. $i = 6\cos(100\pi t - \dfrac{\pi}{4})$ (A)

12. Chọn câu đúng.

Đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp có $R = 40\ \Omega$; $\dfrac{1}{\omega C} = 30\ \Omega$; $\omega L = 30\ \Omega$. Đặt vào hai đầu mạch điện áp $u = 120\sqrt{2}\cos100\pi t$ (V). Biểu thức của dòng điện tức thời trong mạch là :

A. $i = 3\cos(100\pi t - \dfrac{\pi}{2})$ (A)

B. $i = 3\sqrt{2}$ (A)

C. $i = 3\cos100\pi t$ (A)

D. $i = 3\sqrt{2}\cos100\pi t$ (A)



CÔNG SUẤT ĐIỆN TIÊU THỤ CỦA MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU. HỆ SỐ CÔNG SUẤT

Trong mạch điện xoay chiều, điện áp tức thời, cường độ tức thời,... luôn biến thiên theo thời gian *t*. Vậy tính toán công suất tiêu thụ trong mạch theo cách nào ?

I - CÔNG SUẤT CỦA MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Biểu thức của công suất

Ta hãy xét một mạch điện xoay chiều hình sin (H.15.1) :

Điện áp tức thời hai đầu mạch :

$$u = U\sqrt{2}\cos\omega t$$

Cường độ dòng điện tức thời trong mạch :

$$i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$$

C1

Tại một thời điểm *t*, dòng điện trong mạch chạy theo một chiều nào đó. Áp dụng công thức tính công suất của dòng điện – công suất tiêu thụ trong mạch tại thời điểm đó – ta được :

$$p = ui$$

Đại lượng *p* này được gọi là *công suất tức thời của mạch điện xoay chiều :*

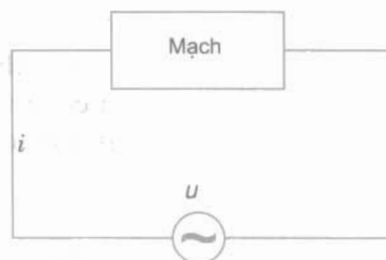
$$p = ui = 2UI\cos\omega t\cos(\omega t + \varphi)$$

$$= UI\left[\cos\varphi + \cos(2\omega t + \varphi)\right]$$

Ta hãy tính giá trị trung bình (trung bình cộng) của công suất điện tiêu thụ trong một chu kì *T*.

$$\mathscr{P} = \overline{p} = UI\left[\overline{\cos\varphi} + \overline{\cos(2\omega t + \varphi)}\right]$$

C1 Nhắc lại các công thức tính công suất điện tiêu thụ trong một mạch điện không đổi.



Hình 15.1

Vì cosφ không đổi nên $\overline{\cos\varphi} = \cos\varphi$; còn $\cos(2\omega t + \varphi)$ là một hàm tuần hoàn của t với chu kì $\frac{2\pi}{2\omega} = \frac{T}{2}$, $\left(T = \frac{2\pi}{\omega}\right)$. Trong từng khoảng thời gian $\frac{T}{2}$ hoặc T, hàm $\cos(2\omega t + \varphi)$ luôn có những giá trị bằng nhau về trị tuyệt đối, nhưng trái dấu tại các thời điểm t, $t + \frac{T}{4}$.

$$\cos\left[2\omega\left(t + \frac{T}{4}\right) + \varphi\right] = \cos\left[\left(2\omega t + \frac{2\omega T}{4}\right) + \varphi\right]$$
$$= \cos(2\omega t + \pi + \varphi) = -\cos(2\omega t + \varphi)$$

Vậy giá trị trung bình của $\cos(2\omega t + \varphi)$ trong khoảng thời gian T bằng không.

Kết quả, giá trị trung bình của công suất điện tiêu thụ trong một chu kì sẽ là :

$$\mathscr{P} = UI\cos\varphi \tag{15.1}$$

Nếu thời gian dùng điện t rất lớn so với T ($t \gg T$) thì $\mathscr{P}$ cũng là công suất điện tiêu thụ trung bình của mạch điện trong thời gian đó (nếu U và I không thay đổi).

2. Điện năng tiêu thụ của mạch điện

Điện năng tiêu thụ của mạch điện trong thời gian t sẽ là :

$$W = \mathscr{P}t \tag{15.2}$$

II - HỆ SỐ CÔNG SUẤT

1. Biểu thức của hệ số công suất

Trong công thức (15.1), thừa số cosφ được gọi là *hệ số công suất*. Vì góc φ có giá trị tuyệt đối không vượt quá 90°, nên $0 \le \cos\varphi \le 1$.

Bảng 15.1. Vài ví dụ về cosφ :

Mạch	cosφ
R	1
C	0
R C	$\dfrac{R}{\sqrt{R^2 + \dfrac{1}{\omega^2 C^2}}}$
L	?
R L	?

C2 Hãy điền đầy đủ thông tin vào ô còn trống trong Bảng 15.1.



2. Tầm quan trọng của hệ số công suất trong quá trình cung cấp và sử dụng điện năng

Một nhà máy công nghiệp cần được cung cấp điện năng để chạy các động cơ, máy móc sản xuất. Khi vận hành ổn định, công suất trung bình được giữ không thay đổi. Trong các động cơ điện của nhà máy bao giờ cũng có các cuộn dây, do đó cường độ i nói chung lệch pha so với điện áp u. Công suất tiêu thụ trung bình của các thiết bị điện trong nhà máy cho bởi :

$\mathscr{P} = UI\cos\varphi$, với $\cos\varphi > 0$

Cường độ dòng điện hiệu dụng : $I = \dfrac{\mathscr{P}}{U\cos\varphi}$

được dẫn đến từ nhà máy phát điện, qua các đường dây tải điện. Nếu r là điện trở của đường dây tải điện, với $\mathscr{P}$ xác định thì công suất hao phí trên đường dây tải điện là :

$$\mathscr{P}_{hp} = rI^2 = r\frac{\mathscr{P}^2}{U^2}\frac{1}{\cos^2\varphi}$$

Nếu hệ số công suất cosφ nhỏ thì công suất hao phí trên dây $\mathscr{P}_{hp}$ sẽ lớn ; kết quả đó ảnh hưởng đến sản xuất kinh doanh của công ti điện lực. Vì vậy,

Trong công thức $\mathscr{P} = UI\cos\varphi$, đại lượng $\mathscr{P}_{bk} = UI$ được gọi là *công suất biểu kiến*. Để phân biệt, công suất $\mathscr{P}$ được tính ra đơn vị oát (W), còn công suất biểu kiến được tính ra đơn vị vôn - ampe (VA).

Về mặt ý nghĩa, công suất $\mathscr{P}_{bk} = UI$ nêu lên khả năng cung cấp điện năng cho mạch (tuỳ thuộc vào các thiết bị truyền tải và cung cấp), công suất $\mathscr{P} = UI\cos\varphi$ gọi là *công suất tác dụng* – công suất thực sự tiêu thụ trong mạch.

các cơ sở tiêu thụ điện năng phải bố trí các mạch điện sao cho hệ số công suất $\cos\varphi$ lớn (nghĩa là φ nhỏ). Do đó, người ta thường quy định hệ số $\cos\varphi$ trong các cơ sở sử dụng điện năng phải lớn hơn một giá trị tối thiểu nào đó.

3. Tính hệ số công suất của mạch điện *RLC* nối tiếp

Giả sử điện áp hai đầu mạch điện là :

$u = U\sqrt{2}\cos\omega t$, cường độ dòng điện tức thời trong mạch cho bởi :

$$i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$$

Từ các giản đồ Hình 14.2 hay 14.3, dễ dàng suy ra :

$$\boldsymbol{\cos\varphi = \frac{U_R}{U}} \quad \text{hay} \quad \boldsymbol{\cos\varphi = \frac{R}{Z}}$$

Công suất trung bình tiêu thụ trong một mạch điện xoay chiều bất kì được tính bởi :

$$\mathscr{P} = UI\cos\varphi = U\frac{U}{Z}\frac{R}{Z} = R\left(\frac{U}{Z}\right)^2 = RI^2$$

Vậy, công suất tiêu thụ trong mạch điện có *R*, *L*, *C* mắc nối tiếp bằng công suất toả nhiệt trên *R*.

Công suất trung bình tiêu thụ trong một mạch điện xoay chiều bất kì :

$$\mathscr{P} = UI\cos\varphi$$

trong đó, φ là độ lệch pha giữa *i* và *u*.

Trường hợp mạch *RLC* nối tiếp : $\cos\varphi = \dfrac{R}{Z} = \dfrac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}}$ **và** $\mathscr{P} = RI^2$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Công suất điện tiêu thụ trong một mạch điện xoay chiều phụ thuộc những đại lượng nào ?

Trong các bài toán sau đây, cuộn dây được giả thiết là thuần cảm.

2. Hãy chọn câu đúng.

Hệ số công suất của một mạch điện *R L C* nối tiếp bằng :

A. RZ ; B. $\frac{Z_L}{Z}$; C. $\frac{R}{Z}$; D. $\frac{Z_C}{Z}$.

3. Hãy chọn câu đúng.

Hệ số công suất trong mạch điện xoay chiều gồm *R*, *L*, *C* mắc nối tiếp với $Z_L = Z_C$:

A. bằng 0 ; B. bằng 1 ;

C. phụ thuộc *R* ; D. phụ thuộc $\frac{Z_C}{Z_L}$.

4. Hãy chọn câu đúng.

Mạch điện xoay chiều nối tiếp $R = 10\,\Omega$; $Z_L = 8\,\Omega$; $Z_C = 6\,\Omega$ với tần số *f*. Giá trị của tần số để hệ số công suất bằng 1 :

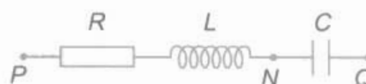
A. là một số $< f$; B. là một số $> f$;

C. là một số $= f$; D. không tồn tại.

5. Cho mạch điện trên Hình 15.2, trong đó *L* là một cuộn cảm thuần, điện áp hai đầu mạch $u_{PQ} = 60\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V), các điện áp hiệu dụng $U_{PN} = U_{NQ} = 60$ V. Hệ số công suất của mạch là bao nhiêu ?

A. $\frac{\sqrt{3}}{2}$; B. $\frac{1}{3}$;

C. $\frac{\sqrt{2}}{2}$; D. $\frac{1}{2}$.



Hình 15.2

6. Mạch điện xoay chiều nối tiếp gồm có : $R = 30\,\Omega$; $L = \frac{5,0}{\pi}$ mH ; $C = \frac{50}{\pi}$ μF cung cấp bởi điện áp hiệu dụng 100 V, $f = 1$ kHz. Hãy xác định công suất tiêu thụ và hệ số công suất.

16 TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG MÁY BIẾN ÁP

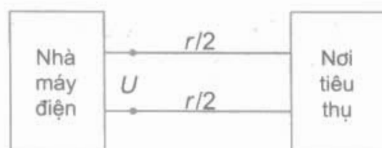
Phân phối và truyền tải điện năng là một bài toán cực kì quan trọng đối với mọi quốc gia. Trong bài toán đó, một vấn đề được đặt ra là giảm tối đa hao phí điện năng trên đường dây truyền tải.

I - BÀI TOÁN TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG ĐI XA

Điện năng phát ra từ nhà máy phát điện, được truyền đến nơi tiêu thụ trên một đường dây có điện trở tổng cộng là r. Điện áp hiệu dụng ở hai cực của máy phát là U (xác định từ nhà máy). Người ta đã chứng minh rằng công suất phát $\mathscr{P}_{phát}$ từ nhà máy được tính bởi công thức :

$$\mathscr{P}_{phát} = U_{phát}I$$

trong đó, I là cường độ dòng điện hiệu dụng trên đường dây.



Hình 16.1

Công suất hao phí do toả nhiệt trên đường dây được tính theo định luật Jun :

$$\mathscr{P}_{hp} = rI^2 = r\frac{\mathscr{P}_{phát}^2}{U_{phát}^2} = \mathscr{P}_{phát}^2\frac{r}{U_{phát}^2} \qquad (16.1)$$

Trong (16.1), $\mathscr{P}_{phát}$ hoàn toàn xác định : muốn tìm cách giảm $\mathscr{P}_{hp}$ ta phải giảm r hoặc tăng $U_{phát}$. Biện pháp giảm r có những hạn chế (chẳng hạn muốn giảm r phải thay dây đồng bằng dây bạc, hoặc dây siêu dẫn,... quá tốn kém ; nếu không thì phải tăng tiết diện dây đồng, nghĩa là tăng khối lượng dây đồng và tăng số lượng cột điện vì dây nặng hơn trước...). Trái lại, biện pháp tăng $U_{phát}$ có hiệu quả rõ rệt ; chẳng hạn tăng $U_{phát}$ 10 lần thì $\mathscr{P}_{hp}$ giảm 100 lần. **C1**

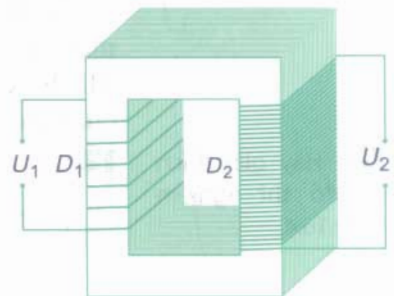
C1 Tại sao muốn giảm r, lại phải tăng tiết diện dây và tăng khối lượng đồng ?

Kết luận : Trong quá trình truyền tải điện năng từ nhà máy điện đi xa, lúc "đưa" điện năng lên đường dây truyền tải, phải tìm cách tăng điện áp. Khi tới nơi tiêu thụ, để đảm bảo an toàn cho việc sử dụng điện, phải giảm điện áp. Nói cách khác, trong quá trình truyền tải điện năng, phải sử dụng những *thiết bị biến đổi điện áp*.

II - MÁY BIẾN ÁP

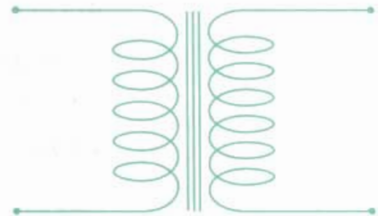
Máy biến áp là những thiết bị có khả năng biến đổi điện áp (xoay chiều).

1. Cấu tạo và nguyên tắc của máy biến áp



Hình 16.2

Bộ phận chính của máy biến áp là một khung bằng sắt non có pha silic gọi là *lõi biến áp* (thường là hình chữ nhật) cùng với hai cuộn dây dẫn D_1 và D_2 có điện trở nhỏ và độ tự cảm lớn quấn trên hai cạnh đối diện của khung (H.16.2, 16.3). Cuộn thứ nhất D_1 có N_1 vòng được nối vào nguồn phát điện, gọi là *cuộn sơ cấp*. Cuộn thứ hai D_2 có N_2 vòng được nối ra các cơ sở tiêu thụ điện năng gọi là *cuộn thứ cấp*.


Hình 16.3

Nguồn phát điện tạo nên một điện áp xoay chiều tần số f ở hai đầu cuộn sơ cấp. Dòng xoay chiều trong cuộn sơ cấp gây ra biến thiên từ thông trong hai cuộn. Để thấy rõ điều này ta nhận xét rằng, do cấu tạo của máy biến áp, hầu như mọi đường sức từ do dòng điện ở cuộn sơ cấp gây ra đều đi qua cuộn thứ cấp ; nói cách khác từ thông qua mỗi vòng dây của cuộn sơ cấp và của cuộn thứ cấp là như nhau. Gọi từ thông này là $\Phi = \Phi_0\cos\omega t$.

Từ thông qua cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp :

$$\Phi_1 = N_1\Phi_0\cos\omega t$$

$$\Phi_2 = N_2\Phi_0\cos\omega t$$

Trong cuộn thứ cấp xuất hiện suất điện động cảm ứng e_2 :

$$e_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt} = N_2\omega\Phi_0\sin\omega t$$

Như vậy, khi làm việc trong cuộn thứ cấp xuất hiện dòng điện xoay chiều cùng tần số với dòng điện ở cuộn sơ cấp.

C2 Tại sao các điện áp ở hai cuộn sơ cấp và thứ cấp có cùng tần số ?



2. Khảo sát thực nghiệm một máy biến áp

Một máy biến áp có thể làm việc ở hai chế độ :

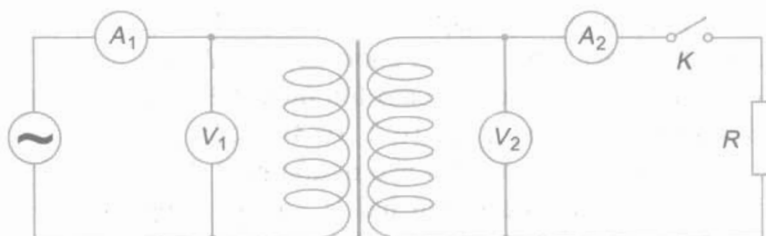
– Cuộn thứ cấp hở mạch (chế độ không tải).

– Cuộn thứ cấp nối với cơ sở tiêu thụ (chế độ có tải).

Ta có thể khảo sát bằng thực nghiệm những đặc tính của một máy biến áp[1] bằng một sơ đồ thực nghiệm như trên Hình 16.4. Mạch nối với cuộn sơ cấp gọi là *mạch sơ cấp* ; mạch nối với cuộn thứ cấp gọi là *mạch thứ cấp*.

C3 Hãy giải thích sơ đồ thí nghiệm Hình 16.4.





Hình 16.4

a) *Thí nghiệm 1 : Khoá K ngắt (chế độ không tải)* $I_2 = 0$.

Thay đổi các số vòng N_1, N_2, đo các điện áp U_1 và U_2, ta được các kết quả :

• *Khảo sát đặc tính biến áp*

N_1	N_2	U_1	U_2	$\frac{N_2}{N_1}$	$\frac{U_2}{U_1}$
600	600	120	120	1	1
600	600	80	80	1	1
600	200	120	40	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
600	1200	80	160	2	2
200	600	60	180	3	3

(1) Máy biến áp được chọn làm thí nghiệm thuộc loại gần lí tưởng, nghĩa là hiệu suất xấp xỉ 100%.

Ta được kết quả là hai tỉ số $\frac{N_2}{N_1}$ và $\frac{U_2}{U_1}$ luôn bằng nhau :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (16.2)$$

Tỉ số các điện áp hiệu dụng ở hai đầu cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp luôn luôn bằng tỉ số các số vòng dây của hai cuộn đó.

Nếu $\frac{N_2}{N_1} > 1$: *Máy tăng áp.*

Nếu $\frac{N_2}{N_1} < 1$: *Máy hạ áp.*

• *Khảo sát công suất tiêu thụ ở mạch sơ cấp và mạch thứ cấp*

Khi mạch thứ cấp ngắt $I_2 = 0$; ở mạch sơ cấp, nếu cho U_1 thay đổi, ta nhận thấy I_1 rất nhỏ (≈ 0). Vậy khi một *máy biến áp ở chế độ không tải, thì nó hầu như không tiêu thụ điện năng.*

b) *Thí nghiệm 2 : Khoá K đóng (chế độ có tải).*

• Thí nghiệm cho ta thấy, khi đóng K : $I_2 \neq 0$ thì I_1 cũng tự động tăng lên theo I_2.

• Trong chế độ làm việc có tải của một máy biến áp, cường độ hiệu dụng I_2 không được vượt quá một giá trị chuẩn để cho các cuộn dây không quá nóng do toả nhiệt (thường nhiệt độ không được quá 55°C), khi đó ta nói, *máy biến áp làm việc bình thường.*

• Nếu tiến hành thí nghiệm như trên sơ đồ Hình 16.4 với máy biến áp lí tưởng(1), thì ta thu được kết quả :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (16.3)$$

Kết luận : Đối với máy biến áp lí tưởng :

– Tỉ số các điện áp hiệu dụng ở cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp bằng tỉ số $\frac{N_2}{N_1}$.

– Tỉ số các cường độ hiệu dụng ở mạch thứ cấp và mạch sơ cấp bằng nghịch đảo của tỉ số $\frac{N_2}{N_1}$.

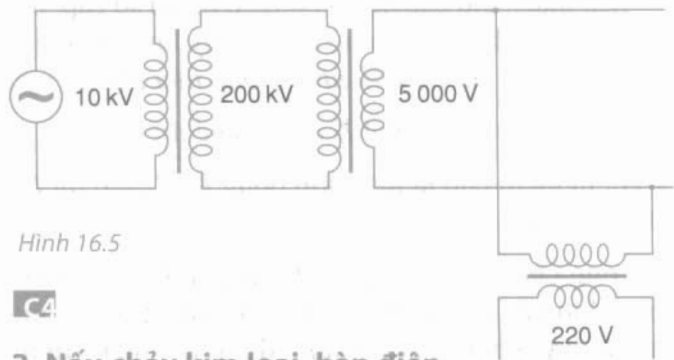
(1) Máy biến áp lí tưởng là máy hầu như không có hao tổn điện năng trong máy.

Ghi chú : Các hệ thức (16.3) chỉ là gần đúng với sai số dưới 10% trong điều kiện giảm tối đa điện năng hao tổn trong biến áp.

III - ỨNG DỤNG CỦA MÁY BIẾN ÁP

1. Truyền tải điện năng

Trên Hình 16.5 có vẽ một sơ đồ truyền tải điện năng, trong đó có cả tăng áp và hạ áp.



Hình 16.5

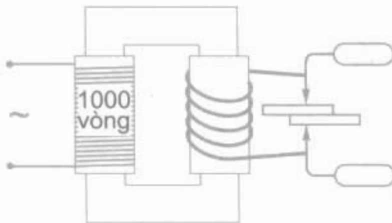
C4

C4 Giải thích sơ đồ truyền tải điện năng trên Hình 16.5.

2. Nấu chảy kim loại, hàn điện

Chú ý : Máy hàn điện nấu chảy kim loại hoạt động theo nguyên tắc biến áp, trong đó cuộn sơ cấp gồm nhiều vòng dây tiết diện nhỏ, cuộn thứ cấp gồm ít vòng dây tiết diện lớn.

C5



Hình 16.6

C5 Giải thích máy hàn điện theo nguyên tắc biến áp trên Hình 16.6.

Trường hợp biến áp lí tưởng (hiệu suất gần 100%), công suất ở hai cuộn dây bằng nhau $U_1I_1 = U_2I_2$

suy ra :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

?

1. Máy biến áp là gì ? Nêu cấu tạo và nguyên tắc làm việc của máy biến áp.

2. Máy biến áp lí tưởng làm việc bình thường có tỉ số $\frac{N_2}{N_1}$ bằng 3, khi $(U_1, I_1) = (360\text{ V}, 6\text{ A})$, thì (U_2, I_2) bằng bao nhiêu ?

A. (1 080 V, 18 A) ; B. (120 V, 2 A) ;

C. (1 080 V, 2 A) ; D. (120 V, 18 A).

3. Máy biến áp lí tưởng có cuộn sơ cấp gồm 2 000 vòng, cuộn thứ cấp gồm 100 vòng ; điện áp và cường độ dòng điện ở mạch sơ cấp là 120 V, 0,8 A. Điện áp và công suất ở cuộn thứ cấp là bao nhiêu ?

A. 6 V, 96 W. B. 240 V, 96 W.

C. 6 V, 4,8 W. D. 120 V, 4,8 W.

4. Một máy biến áp lí tưởng có hai cuộn dây lần lượt có 10 000 vòng và 200 vòng.

a) Muốn tăng áp thì cuộn nào là cuộn sơ cấp ? Nếu đặt vào cuộn sơ cấp điện áp hiệu dụng 220 V thì điện áp hiệu dụng ở cuộn thứ cấp bằng bao nhiêu ?

b) Cuộn nào có tiết diện dây lớn hơn ?

5. Máy biến áp lí tưởng cung cấp một dòng điện 30 A dưới một điện áp hiệu dụng 220 V. Điện áp hiệu dụng ở cuộn sơ cấp là 5 kV.

a) Tính công suất tiêu thụ ở cửa vào và ở cửa ra của biến áp.

b) Tính cường độ hiệu dụng ở cuộn sơ cấp.

6. Một máy biến áp lí tưởng cung cấp một công suất 4 kW dưới một điện áp hiệu dụng 110 V. Biến áp đó nối với đường dây tải điện có điện trở tổng là 2 Ω.

a) Tính cường độ hiệu dụng trên đường dây tải điện.

b) Tính độ sụt thế trên đường dây tải điện.

c) Tính điện áp hiệu dụng ở cuối đường dây tải điện.

d) Xác định công suất tổn hao trên đường dây đó.

e) Thay biến áp trên đây bằng một biến áp có cùng công suất nhưng điện áp hiệu dụng ở cửa ra là 220 V. Tính toán lại các đại lượng nêu ra ở bốn câu hỏi trên.

17 MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU

Các máy phát điện xoay chiều một pha, ba pha ; các phương pháp tạo ra dòng điện một chiều từ dòng điện xoay chiều, hầu như tất cả đều đã quen thuộc đối với chúng ta.

I - MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU MỘT PHA

Máy phát điện xoay chiều một pha được cấu tạo bởi hai bộ phận chính :



C1 Nhắc lại nguyên tắc chung tạo ra dòng điện xoay chiều.

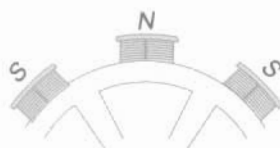
1. *Phần cảm* tạo ra từ thông biến thiên bằng các nam châm quay ; đó là một vành tròn (có trục quay Δ), trên gắn các nam châm ($2p$ cực nam châm gồm p cực nam và p cực bắc) mắc xen kẽ nối tiếp nhau, và quay tròn xung quanh trục Δ với tốc độ n vòng/giây. Khi đó phần cảm gọi là rôto.

C2 Chứng minh công thức 17.1. Một máy phát điện quay 600 vòng/phút có 5 đôi cực, sẽ tạo ra dòng điện xoay chiều với f bằng bao nhiêu ?

2. *Phần ứng* gồm các cuộn dây giống nhau, cố định trên một vòng tròn. Khi đó phần ứng gọi là stato. Khi rôto quay, từ thông qua mỗi cuộn dây của stato biến thiên tuần hoàn với tần số :

$$f = pn \qquad (17.1)$$

kết quả, xuất hiện trong đó một suất điện động xoay chiều hình sin cùng tần số f. Các cuộn dây được nối với nhau sao cho các suất điện động trong các cuộn dây luôn luôn cùng chiều, do đó luôn cộng lại với nhau.

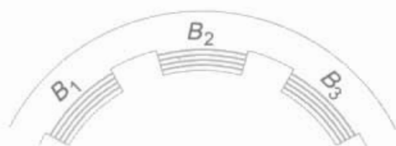


Hình 17.1
Các nam châm của phần cảm.



Ở các nhà máy nhiệt điện, các rôto của máy phát điện có tốc độ quay lớn : 1 500 đến 3 000 vòng/ph. Ở các nhà máy thuỷ điện, các rôto của máy phát điện có tốc độ quay thấp hơn, vài trăm vòng/phút.

Chú ý : Người ta cũng chế tạo các máy phát điện xoay chiều trong đó phần cảm cố định và phần ứng thì quay. Loại máy này không trình bày ở đây.



Hình 17.2
Các cuộn dây của phần ứng.

II - MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

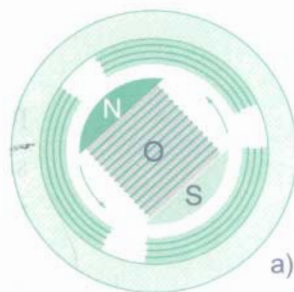
1. Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động

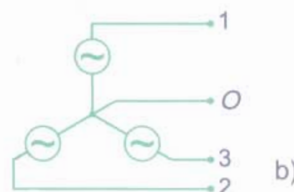
Máy phát điện *ba pha* là máy tạo ra ba suất điện động xoay chiều hình sin cùng tần số, cùng biên độ và lệch pha nhau $\frac{2\pi}{3}$.

Máy phát điện xoay chiều ba pha gồm :

– Ba cuộn dây hình trụ giống nhau gắn cố định trên một vành tròn tại ba vị trí đối xứng (ba trục của ba cuộn dây đồng quy tại tâm O của đường tròn và lệch nhau 120°).

– Một nam châm NS có thể quay quanh trục O với tốc độ góc ω không đổi (H.17.3a). Khi nam châm quay, từ thông qua mỗi cuộn dây là ba hàm số sin của thời gian, cùng tần số góc ω, cùng biên độ và pha lệch nhau $\frac{2\pi}{3}$. Kết quả là, theo định luật Fa-ra-đây, trong ba cuộn dây xuất hiện ba suất điện động xoay chiều cùng tần số, cùng biên độ và lệch pha nhau $\frac{2\pi}{3}$. Máy phát điện ba pha được kí hiệu như Hình 17.3b.





Hình 17.3

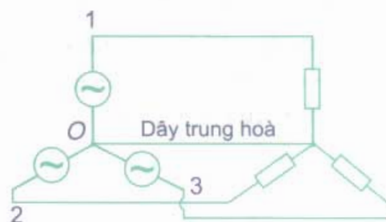
2. Cách mắc mạch ba pha

Máy phát ba pha được nối với ba mạch tiêu thụ điện năng (mạch tiêu thụ điện năng thường được gọi là *tải*). Các tải được giả thiết là giống nhau : cùng điện trở, dung kháng, cảm kháng. Ta nói rằng các tải *đối xứng*.

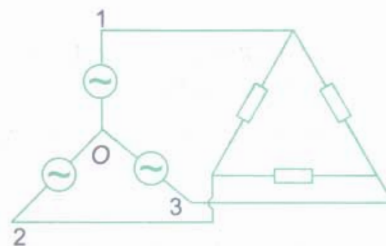
Trong mạch ba pha, các tải được mắc với nhau theo hai cách :

a) Mắc hình sao (H.17.4) ;

b) Mắc hình tam giác (H.17.5).



Hình 17.4



Hình 17.5

Trên Hình 17.4 và 17.5 : các điện áp u_{1O}, u_{2O}, u_{3O} được gọi là *điện áp pha* ; các điện áp u_{12}, u_{23}, u_{31} được gọi là *điện áp dây*.

Dễ dàng chứng minh hệ thức sau giữa các điện áp hiệu dụng :

$$U_{dây} = \sqrt{3}U_{pha} \qquad (17.2)$$



C3 Hãy chứng minh công thức (17.2).

3. Dòng ba pha

Dòng điện xoay chiều do máy phát điện xoay chiều ba pha phát ra là dòng ba pha. Đó là hệ ba dòng điện xoay chiều hình sin có cùng tần số, nhưng lệch pha với nhau $\frac{2\pi}{3}$ từng đôi một. Nếu các tải là đối xứng thì ba dòng điện này sẽ có cùng biên độ.

4. Những ưu việt của dòng ba pha

Ngày nay dòng ba pha được sử dụng rộng rãi vì nó có nhiều ưu việt.

a) Truyền tải điện năng đi xa bằng dòng ba pha tiết kiệm được dây dẫn so với truyền tải bằng dòng một pha.

b) Cung cấp điện cho các động cơ ba pha, dùng phổ biến trong các nhà máy, xí nghiệp.

Máy phát điện xoay chiều :

- Một pha : Khi quay, nam châm (lúc này là rôto) tạo ra từ trường quay, sinh ra suất điện động xoay chiều trong các cuộn dây cố định (stato).

- Ba pha : Khi quay, nam châm (lúc này là rôto) tạo ra từ trường quay, sinh ra hệ ba suất điện động trong ba cuộn dây giống nhau đặt cố định (stato) trên một vòng tròn, tạo với nhau những góc 120°.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Các máy phát điện xoay chiều nói chung dựa trên nguyên tắc nào ?

2. Phân biệt dòng một pha với dòng ba pha.

▼

3. Trong máy phát điện xoay chiều một pha, từ trường quay có vectơ $\vec{B}$ quay 300 vòng/phút tạo bởi 20 cực nam châm điện (10 cực nam và 10 cực bắc) quay với tốc độ bao nhiêu ?

A. 10 vòng/giây ; B. 20 vòng/giây ;

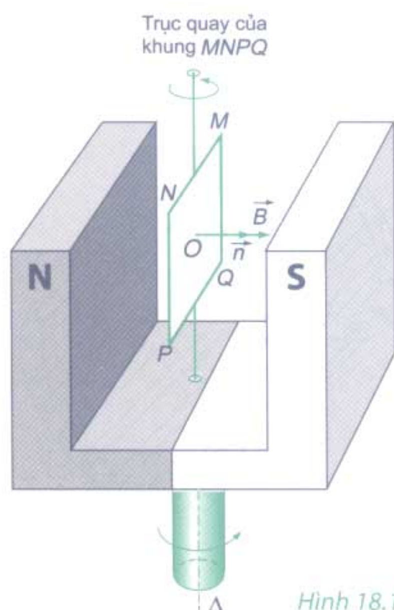
C. 5 vòng/giây ; D. 100 vòng/giây.

4. Trong trường hợp ba suất điện động của máy phát ba pha mắc theo hình sao và ba tải cũng được mắc theo hình sao thì phải có bốn đường dây nối từ nguồn đến tải. Hãy xét trường hợp ba tải đối xứng và chứng minh rằng trong số bốn đường dây nối ấy có một đường dây tại đó cường độ dòng điện luôn bằng 0 (đường dây trung hoà).

18 ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

Trong bài này, chúng ta nghiên cứu về một loại động cơ điện xoay chiều thông dụng.

I - NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ



Hình 18.1

Giả sử có một nam châm chữ U quay đều xung quanh một trục thẳng đứng Δ (H.18.1). Các vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ của nam châm nằm trong khoảng giữa hai cực N, S cùng quay đều xung quanh trục Δ. $\vec{B}$ luôn luôn vuông góc với Δ. Từ trường của nam châm lúc này là một từ trường quay. Trong từ trường quay đó đặt một khung dây dẫn cứng $MNPQ$. Khung này cũng có thể quay tự do xung quanh trục Δ. Lúc đầu khung ở vị trí sao cho $\vec{B} \perp$ mặt phẳng $MNPQ$. Ta chọn vectơ pháp tuyến dương $\vec{n}$ của $MNPQ$ cùng hướng với $\vec{B}$ tại vị trí đó ($t = 0$), nghĩa là góc $\alpha = (\vec{n}, \vec{B}) = 0$, từ thông qua khung $\Phi = BS = \Phi_0 (> 0)$.

Khi $\vec{B}$ quay, góc $\alpha = (\vec{n}, \vec{B}) \neq 0$, từ thông qua khung $\Phi = BS\cos\alpha < \Phi_0$, giảm đi, trong khung xuất hiện dòng điện cảm ứng i và khung dây dẫn có dòng điện i lại nằm trong từ trường, nên từ trường sẽ tác dụng lên khung một ngẫu lực làm cho khung quay. Theo định luật Len-xơ, chiều của dòng điện cảm ứng i phải có tác dụng làm khung quay theo chiều từ trường, chống lại sự biến thiên của từ thông.

Khung sẽ quay nhanh dần, "đuổi theo" từ trường. Tuy nhiên, khi tốc độ góc của khung tăng lên thì tốc độ biến thiên từ thông qua khung sẽ giảm đi ; do đó, cường độ của dòng điện cảm ứng i đồng thời momen ngẫu lực từ cũng sẽ giảm đi. Cho đến khi momen ngẫu lực từ vừa đủ cân bằng với momen ngẫu lực cản của các lực cản và ma sát thì khung sẽ quay đều. Tốc độ góc của khung nhỏ hơn tốc độ góc của từ trường quay. **C1**

C1 Hãy vận dụng các quy tắc xác định chiều của dòng điện cảm ứng và chiều của lực từ đã học ở lớp 11 để xác định chiều quay của khung *MNPQ* trong Hình 18.1.

Kết luận : Khung dây dẫn đặt trong từ trường quay sẽ quay theo từ trường đó với tốc độ góc nhỏ hơn.

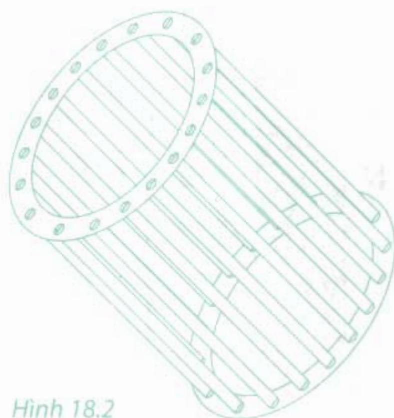
Động cơ hoạt động theo nguyên tắc này gọi là *động cơ không đồng bộ*.

II - ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

Động cơ không đồng bộ ba pha hoạt động dựa trên nguyên tắc hoạt động của động cơ không đồng bộ.

Cấu tạo của máy gồm hai bộ phận chính là rôto và stato.

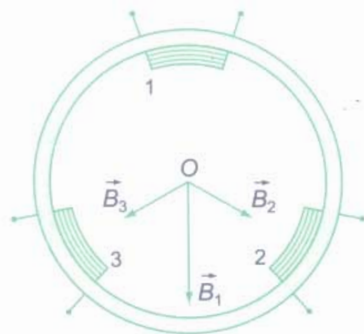
1. Rôto là khung dây dẫn có thể quay dưới tác dụng của từ trường quay.



Hình 18.2

Để tăng thêm hiệu quả, người ta ghép nhiều khung dây dẫn giống nhau có trục quay chung tạo thành một cái lồng hình trụ, mặt bên tạo bởi nhiều thanh kim loại song song. Vì vậy bộ phận này gọi là *rôto lồng sóc* (H.18.2).

2. Stato là bộ phận tạo nên từ trường quay, gồm ba cuộn dây giống hệt nhau 1, 2, 3 đặt tại ba vị trí nằm trên một vòng tròn sao cho các trục của ba cuộn dây ấy đồng quy tại tâm O của vòng tròn đó và hợp với nhau những góc 120^o (H.18.3).



Hình 18.3

Khi cho dòng ba pha đi vào ba cuộn dây ấy thì từ trường tổng hợp do ba cuộn dây tạo ra ở O là từ trường quay. Rôto lồng sóc nằm trong từ trường quay sẽ bị quay theo với tốc độ nhỏ hơn tốc độ quay của từ trường.

Chuyển động quay của rôto được sử dụng để làm quay các máy khác.

Nguyên tắc hoạt động của động cơ không đồng bộ ba pha :

- **Tạo ra từ trường quay bằng cách cho dòng điện ba pha chạy vào ba cuộn dây giống nhau, đặt lệch nhau 120°.**
- **Đặt trong từ trường quay một rôto lồng sóc có thể quay xung quanh trục trùng với trục quay của từ trường.**
- **Rôto lồng sóc quay do tác dụng của từ trường quay với tốc độ nhỏ hơn tốc độ của từ trường.**

CÂU HỎI



1. Phát biểu nguyên tắc hoạt động của động cơ không đồng bộ.

2. Nêu cấu tạo và nguyên tắc hoạt động của động cơ không đồng bộ ba pha.

19 Thực hành : KHẢO SÁT ĐOẠN MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CÓ R, L, C MẮC NỐI TIẾP

I - MỤC ĐÍCH

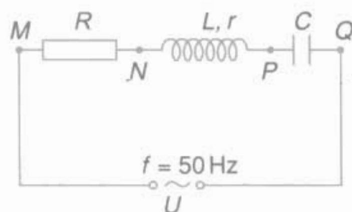
1. Tập dùng đồng hồ hiện số đa năng để đo điện áp xoay chiều.

2. Vận dụng phương pháp giản đồ Fre-nen để xác định L, r, C, Z và $\cos\varphi$ của đoạn mạch điện xoay chiều có R, L, C mắc nối tiếp.

II - DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

Một đồng hồ đo điện đa năng hiện số ; một nguồn điện xoay chiều 6 V ÷ 12 V ; một điện trở $R = 270\ \Omega$ (hay $220\ \Omega$) ; một tụ điện có $C = 4\ \mu F$ (hay $2\ \mu F$) ; một cuộn dây có 1 000 ÷ 2 000 vòng ; bốn sợi dây dẫn ; một thước 200 mm ; một compa ; một thước đo góc.

III - TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM



Hình 19.1

1. Mắc đoạn mạch nối tiếp gồm điện trở R (đã biết trị số), cuộn dây (không chứa lõi sắt, có độ tự cảm L, điện trở thuần r) và tụ điện (có điện dung C) vào hai cực nguồn điện có điện áp U theo sơ đồ Hình 19.1.

– Chọn U xoay chiều cỡ 12 V, chọn vôn kế có thang đo điện áp xoay chiều thích hợp để đo với sai số nhỏ nhất các trị số sau :

U_{MN} = ... ± ..... (.....) ; U_{NP} = ... ± ..... (.....)

U_{MP} = ... ± ..... (.....) ; U_{PQ} = ... ± ..... (.....)

U_{MQ} = ... ± ..... (.....).

2. Dùng thước và compa vẽ các vectơ quay theo cùng tỉ xích 1 V ứng với 10 mm :

Vectơ $\overrightarrow{MN}$ biểu diễn u_{MN} có độ lớn $U_{MN} = IR$ ứng với độ dài MN.

Vectơ $\overrightarrow{NP}$ biểu diễn u_{NP} có độ lớn $U_{NP} = IZ_{Lr}$ ứng với độ dài NP.

Vectơ $\overrightarrow{MP}$ biểu diễn u_{MP} có độ lớn $U_{MP} = IZ_{RLr}$ ứng với độ dài MP.

Vectơ $\overrightarrow{PQ}$ biểu diễn u_{PQ} có độ lớn $U_{PQ} = \dfrac{I}{\omega C}$ ứng với độ dài PQ.

Vectơ $\overrightarrow{MQ}$ biểu diễn u_{MQ} có độ lớn $U_{MQ} = IZ$ ứng với độ dài MQ.

Với P là giao điểm của hai cung tròn bán kính MP và NP ; Q là giao điểm của hai cung tròn bán kính MQ và PQ ta vẽ được giản đồ Fre-nen như Hình 19.2.



Hình 19.2

3. Vectơ $\overrightarrow{PQ}$ cắt $\overrightarrow{MN}$ kéo dài tại điểm H. Đoạn NH biểu diễn $U_{NH} = Ir$.

Với kết quả đúng thì có PQ vuông góc với MH do u_C vuông pha với i. Dùng thước đo góc để kiểm tra.

4. Đo các độ dài MN, MP, NH, PH, PQ và MQ chính xác đến 1 mm.

Từ đó tính ra các trị số L, C, r, Z và $\cos\varphi$.

$$\frac{U_L}{U_R} = \frac{I\omega L}{IR} = \frac{\omega L}{R} = \frac{PH}{MN} \Rightarrow L = \text{.....} \ (\text{.....})$$

$$\frac{U_R}{U_C} = \frac{IR}{\dfrac{I}{\omega C}} = \omega CR = \frac{MN}{PQ} \Rightarrow C = \text{.....} \ (\text{.....})$$

$$\frac{U_r}{U_R} = \frac{Ir}{IR} = \frac{r}{R} = \frac{NH}{MN} \Rightarrow r = \text{.....} \ (\text{.....})$$

$$\cos\varphi = \frac{MH}{MQ} = \text{.....} \ (\text{.....})$$

$$\cos\varphi = \frac{R + r}{Z} \text{ nên } Z = \frac{R + r}{\cos\varphi} = \text{.....} \ (\text{.....})$$

BÁO CÁO THỰC HÀNH

KHẢO SÁT ĐOẠN MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CÓ *R, L, C* MẮC NỐI TIẾP

Họ và tên : .... ; Lớp : .... ; Tổ : ....

Ngày làm thực hành : ....

I - TÓM TẮT LÍ THUYẾT

+ Vẽ sơ đồ đoạn mạch có điện trở, cuộn dây và tụ điện mắc nối tiếp.

+ Nêu tóm tắt cách dùng vôn kế xoay chiều và phép vẽ các vectơ quay để xác định trị số của L, r, C, Z và $\cos\varphi$ của cả đoạn mạch.

II - KẾT QUẢ THỰC HÀNH

Xác định *r, L* của cuộn dây không có lõi sắt và điện dung *C* của tụ điện

1. Mắc đoạn mạch có R, L và C nối tiếp vào hai cực nguồn điện xoay chiều cỡ $U = 12$ V theo sơ đồ ở Hình 19.1.

2. Chọn vôn kế xoay chiều có phạm vi đo ..... để đo $U_{MQ} = U$; U_{MN} ; U_{NP} ; U_{MP} ; U_{PQ}. Ghi các kết quả đo kèm sai số đo vào bảng 19.1.

Bảng 19.1

$U_{MQ} = U$ (V)	U_{MN} (V)	U_{NP} (V)	U_{MP} (V)	U_{PQ} (V)
..... ±	..... ±	..... ±	..... ±	..... ± .....

3. Dùng compa và thước vẽ các vectơ quay $\overrightarrow{MN}$, $\overrightarrow{MP}$, $\overrightarrow{NP}$, $\overrightarrow{PQ}$ và $\overrightarrow{MQ}$ có độ dài biểu diễn các điện áp hiệu dụng U_{MN}, U_{MP}, U_{NP}, U_{PQ} và U_{MQ} đã đo được với mức chính xác đến 1 mm, theo cùng một tỉ xích 10 mm ứng với 1 V.

4. Từ giản đồ đã vẽ, đo các độ dài :

MN = ... ± ..... (mm) ; NH = ... ± ..... (mm)

MP = ... ± ..... (mm) ; MQ = ... ± ..... (mm)

PH = ... ± ..... (mm) ; PQ = ... ± ..... (mm)

5. Tính ra các trị số L, C, r, Z và $\cos\varphi$.

$$L = \frac{R\frac{PH}{MN}}{2\pi f} = \text{.....}\ (\text{.....})\ ;\ C = \frac{\frac{MN}{PQ}}{2R\pi f} = \text{.....}\ (\text{.....})$$

$$r = R\frac{NH}{MN} = \text{.....}\ (\text{.....})\ \text{(kiểm tra lại } r \text{ bằng ôm kế)}$$

$$\cos\varphi = \frac{MH}{MQ} = \text{.....}\ (\text{.....})$$

$$\cos\varphi = \frac{R+r}{Z} \text{ nên } Z = \frac{R+r}{\cos\varphi} = \text{.....}\ (\text{.....})$$

CÂU HỎI



Hình 19.3 vẽ mặt của một đồng hồ đa năng hiện số có một núm xoay để chọn loại đại lượng cần đo, các ổ cắm dây đo và các chữ số chỉ các phạm vi đo.



Hình 19.3

Cần thực hiện những thao tác nào (vặn núm xoay tới vị trí nào, cắm các dây đo vào những ổ nào) khi dùng máy để đo :

a) Điện trở cỡ 2 200 Ω ?

b) Điện áp xoay chiều cỡ 12,5 V ?

c) Cường độ dòng điện xoay chiều cỡ 50 mA ?

Tổng kết chương III DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Mạch có R, L, C nối tiếp :

$i = I\sqrt{2}\cos\omega t$; $u = U\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$

$U = ZI$

$I = \frac{U}{Z}$

$Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$

$Z_L = L\omega$; $Z_C = \frac{1}{C\omega}$

$\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R}$

$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

$\mathscr{P} = UI\cos\varphi$

$$\begin{cases} Z_L > Z_C & \varphi > 0 \\ Z_L < Z_C & \varphi < 0 \\ Z_L = Z_C & \varphi = 0 \end{cases}$$

(φ là độ lệch pha của u đối với i)

2. Máy biến áp :

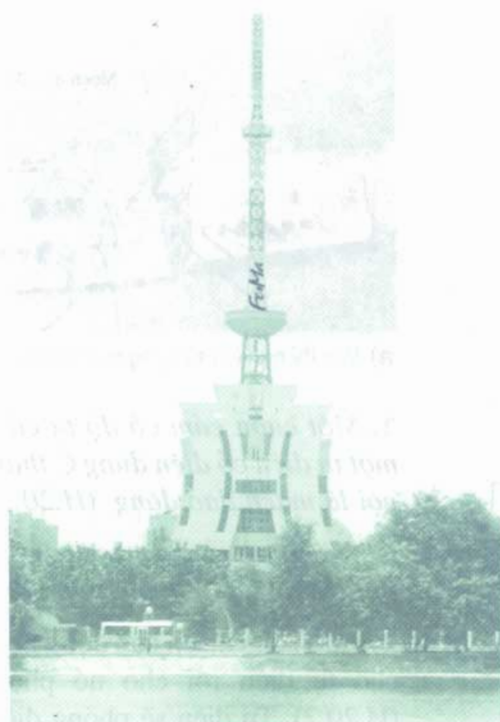
$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$

3. Máy phát điện xoay chiều.

4. Động cơ không đồng bộ ba pha.

CHƯƠNG IV

Dao động và sóng điện từ



Ảnh Đài phát thanh và truyền hình Hà Nội

- Mạch dao động. Dao động điện từ.
- Điện từ trường.
- Sóng điện từ.
- Những nguyên tắc của việc thông tin liên lạc vô tuyến.

20 MẠCH DAO ĐỘNG

Các êlectron dao động trong mạch dao động của anten sẽ làm cho anten phát ra sóng điện từ. Đó là một trong những nguyên tắc cơ bản của việc liên lạc vô tuyến.

I - MẠCH DAO ĐỘNG



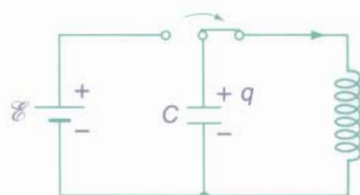
a) Một thí nghiệm sử dụng mạch dao động



Hình 20.1

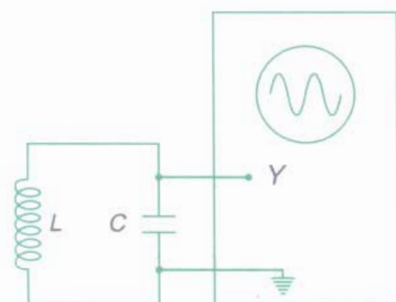
1. *Một cuộn cảm có độ tự cảm L mắc nối tiếp với một tụ điện có điện dung C thành một mạch điện kín gọi là mạch dao động (H.20.1b).*

Nếu điện trở của mạch rất nhỏ, coi như bằng không, thì mạch là một *mạch dao động lí tưởng.*



Hình 20.2

2. Muốn cho mạch dao động hoạt động thì ta tích điện cho tụ điện rồi cho nó phóng điện trong mạch (H.20.2). Tụ điện sẽ phóng điện qua lại trong mạch nhiều lần, tạo ra một dòng điện xoay chiều trong mạch.



Hình 20.3a

3. Người ta sử dụng điện áp xoay chiều được tạo ra giữa hai bản của tụ điện bằng cách nối hai bản này với mạch ngoài. Mạch ngoài ở đây là các bộ phận khác của các mạch vô tuyến. *Ví dụ :* Muốn xem dạng đồ thị biến thiên của điện áp, người ta nối hai bản này với lối vào của một dao động kí điện tử (H.20.3a). Ta sẽ thấy trên màn hình của dao động kí xuất hiện một hình sin (H.20.3b).

II - DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ TỰ DO TRONG MẠCH DAO ĐỘNG

1. Sự biến thiên điện tích và cường độ dòng điện trong một mạch dao động lí tưởng

Nghiên cứu về mặt lí thuyết sự biến thiên điện tích của một bản nhất định (bản trên của tụ điện trong Hình 20.2 chẳng hạn) của mạch dao động, người ta thu được kết quả sau :

$$q = q_0\cos(\omega t + \varphi) \qquad (20.1)$$

với : $$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (20.2)$$

ω là *tần số góc* của dao động. Đơn vị của ω là rad/s.

$q > 0$ ứng với lúc bản mà ta xét tích điện dương.

Từ phương trình về q, ta sẽ tìm được phương trình về i :

$$i = \frac{dq}{dt} = I_0\cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}) \qquad (20.3)$$

với : $$I_0 = q_0\omega \qquad (20.4)$$

$i > 0$ ứng với dòng điện có chiều chạy đến bản mà ta xét.

Chọn gốc thời gian ($t = 0$) là lúc tụ điện bắt đầu phóng điện. Lúc $t = 0$ thì $q = \mathscr{E}C = q_0$ và $i = 0$. Ta suy ra $\varphi = 0$.

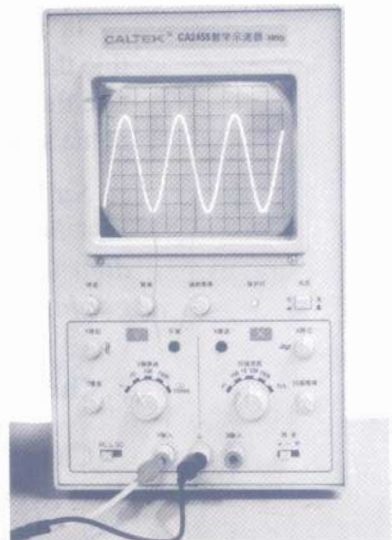
Các công thức (20.1) và (20.3) thành ra :

$$q = q_0\cos\omega t \quad \text{và} \quad i = I_0\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Vậy, *điện tích q của một bản tụ điện và cường độ dòng điện i trong mạch dao động biến thiên điều hoà theo thời gian ; i sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với q.*



Các kết quả trên phù hợp khá tốt với thực nghiệm.



Hình 20.3b

Dạng đồ thị *u*(*t*) trên dao động kí.

C1 Hãy vẽ đồ thị biểu diễn các hàm số $q(t)$ và $i(t)$ ở các công thức (20.1) và (20.3) ứng với $\varphi = 0$ trên cùng một hệ trục toạ độ.

2. Định nghĩa dao động điện từ tự do

Ta dễ dàng chứng minh cường độ điện trường E trong tụ điện tỉ lệ thuận với điện tích q của tụ điện ; cảm ứng từ B trong ống dây tỉ lệ thuận với cường độ dòng điện i qua ống dây. Do đó ta có định nghĩa sau :

Sự biến thiên điều hoà theo thời gian của điện tích q của một bản tụ điện và cường độ dòng điện i (hoặc cường độ điện trường $\vec{E}$ *và cảm ứng từ* $\vec{B}$*) trong mạch dao động được gọi là dao động điện từ tự do.*

3. Chu kì và tần số dao động riêng của mạch dao động

Chu kì và tần số của dao động điện từ tự do trong mạch dao động gọi là *chu kì và tần số dao động riêng của mạch dao động.*

Công thức tính chu kì (hoặc tần số) dao động riêng của mạch dao động gọi là công thức Tôm-xơn :

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{và} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (20.5)$$

Nếu L vào cỡ milihenry, C vào cỡ picôfara thì tần số dao động riêng của mạch dao động vào cỡ mêgahéc.

III – NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TỪ

Ở lớp 11, ta đã biết : Khi một tụ điện được tích điện thì điện trường trong tụ điện sẽ dự trữ một năng lượng gọi là năng lượng điện trường ; khi có một dòng điện chạy qua một cuộn cảm thì từ trường trong cuộn cảm sẽ dự trữ một năng lượng gọi là năng lượng từ trường.

Vậy, khi một mạch dao động hoạt động thì trong mạch có cả năng lượng điện trường và năng lượng từ trường. *Tổng năng lượng điện trường và năng lượng từ trường của mạch gọi là năng lượng điện từ.*

Nếu không có sự tiêu hao năng lượng thì năng lượng điện từ trong mạch sẽ được bảo toàn.

Mạch dao động gồm một tụ điện mắc nối tiếp với một cuộn cảm thành mạch kín.

Mạch dao động lí tưởng có điện trở bằng không.

Điện tích của một bản tụ điện và cường độ dòng điện trong mạch dao động biến thiên điều hoà theo thời gian.

Sự biến thiên điều hoà của cường độ điện trường và cảm ứng từ trong mạch dao động gọi là dao động điện từ tự do trong mạch.

Công thức Tôm-xơn về chu kì dao động riêng của mạch :

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Tổng năng lượng điện trường trong tụ điện và năng lượng từ trường trong cuộn cảm của mạch dao động gọi là năng lượng điện từ.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Mạch dao động là gì ?
2. Nêu định luật biến thiên của điện tích của một bản tụ điện và cường độ dòng điện trong mạch dao động.
3. Viết công thức tính chu kì và tần số dao động riêng của mạch dao động.
4. Dao động điện từ tự do là gì ?
5. Năng lượng điện từ là gì ?

6. Sự biến thiên của dòng điện i trong một mạch dao động lệch pha như thế nào so với sự biến thiên của điện tích q của một bản tụ điện ?

   A. i cùng pha với q.

   B. i ngược pha với q.

   C. i sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với q.

   D. i trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với q.

7. Nếu tăng số vòng dây của cuộn cảm thì chu kì của dao động điện từ sẽ thay đổi như thế nào ?

   A. Tăng.

   B. Giảm.

   C. Không đổi.

   D. Không đủ cơ sở để trả lời.

8. Tính chu kì và tần số dao động riêng của một mạch dao động, biết tụ điện trong mạch có điện dung là 120 pF và cuộn cảm có độ tự cảm là 3 mH.

21 ĐIỆN TỪ TRƯỜNG

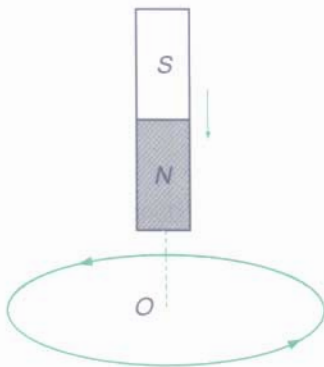
Điện từ trường và sóng điện từ là hai khái niệm trung tâm của một thuyết vật lí lớn : Thuyết điện từ. Sự ra đời của thuyết điện từ được đánh dấu bằng hai công trình nổi tiếng của Mắc-xoen : "Về những đường sức từ của Fa-ra-đây" (1856) và "Lí thuyết động lực về điện từ trường" (1864).

I - MỐI QUAN HỆ GIỮA ĐIỆN TRƯỜNG VÀ TỪ TRƯỜNG

1. Từ trường biến thiên và điện trường xoáy

a) Phân tích thí nghiệm cảm ứng điện từ của Fa-ra-đây.

C1 Phát biểu định luật cảm ứng điện từ.



Hình 21.1

C1

Trong thí nghiệm vẽ trên Hình 21.1, khi từ thông qua vòng dây dẫn kín biến thiên thì trong vòng dây xuất hiện một dòng điện cảm ứng.

– Sự xuất hiện của dòng điện cảm ứng chứng tỏ tại mỗi điểm trong dây có một điện trường mà vectơ cường độ điện trường cùng chiều với dòng điện. Đường sức của điện trường này nằm dọc theo dây, nó là một đường cong kín.

Điện trường có đường sức là đường cong kín gọi là điện trường xoáy.

C2 Nêu các đặc điểm của đường sức của một điện trường tĩnh điện và so sánh với đường sức của điện trường xoáy.

C2

– Tại những điểm nằm ngoài vòng dây có điện trường nói trên hay không ? Ta chỉ việc thay đổi vị trí của vòng dây, hoặc làm các vòng dây kín nhỏ hơn hay to hơn một chút rồi lặp lại thí nghiệm thì sẽ có đủ cơ sở để trả lời câu hỏi này.

– Gọi O là vị trí tâm của vòng dây. Nếu không có vòng dây mà vẫn cho nam châm tiến lại gần O thì liệu xung quanh O có xuất hiện điện trường xoáy hay không ? Lúc đó ta không thể nói về sự biến thiên của từ thông được, mà chỉ có thể nói về sự biến thiên (mạnh lên hay yếu đi) của cảm ứng từ tại O theo thời gian.



C3 Vòng dây dẫn kín có vai trò gì hay không trong việc tạo ra điện trường xoáy ?

b) *Kết luận*

Trả lời cho những câu hỏi trên, ta đi đến một luận điểm quan trọng của thuyết điện từ Mác-xoen :

Nếu tại một nơi có một từ trường biến thiên theo thời gian thì tại nơi đó xuất hiện một điện trường xoáy.



Mác-xoen (James Clerk Maxwell, 1831-1879) là nhà vật lí người Anh đã xây dựng thuyết điện từ, thống nhất các hiện tượng điện và từ. Ông cũng đề ra thuyết điện từ về ánh sáng.

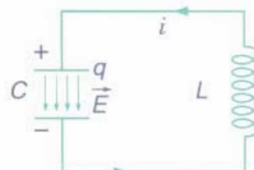
2. Điện trường biến thiên và từ trường

a) *Từ trường của mạch dao động*

Xung quanh một điện trường biến thiên có xuất hiện một từ trường hay không ? Xuất phát từ quan điểm cho rằng "có sự đối xứng giữa điện và từ", Mác-xoen đã khẳng định là có và đã chứng minh chặt chẽ điều đó bằng toán học. Ta có thể hiểu được sơ bộ điều này nếu nghiên cứu từ trường của mạch dao động.

Ta hãy xét một mạch dao động lí tưởng đang hoạt động. Giả sử ở thời điểm t điện tích của tụ điện và chiều dòng điện đang như ở Hình 21.2. Tụ điện là phẳng và có hai bản cách xa nhau. Cường độ dòng điện tức thời trong mạch là :

$$i = \frac{dq}{dt} \qquad (21.1)$$

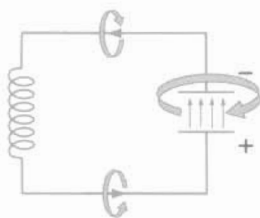


Hình 21.2

Mặt khác, ta lại có $q = CU = CEd$; d là khoảng cách giữa hai bản tụ điện. Vậy, biểu thức của dòng điện i sẽ có dạng :

$$i = Cd\frac{dE}{dt} \qquad (21.2)$$

Biểu thức (21.2) cho thấy có sự liên quan mật thiết giữa cường độ dòng điện trong mạch với tốc độ biến thiên của cường độ điện trường trong tụ điện.


Hình 21.3

Theo Mắc-xoen, nếu ta quan niệm dòng điện chạy trong mạch phải là dòng điện kín thì *phần dòng điện chạy qua tụ điện lúc đó* sẽ ứng với sự biến thiên của điện trường trong tụ điện theo thời gian.

Mặt khác, thực nghiệm cho thấy dòng điện tức thời trong mạch dao động cũng tạo ra một từ trường. Như vậy, xung quanh chỗ có điện trường biến thiên trong tụ điện đã xuất hiện một từ trường.

b) *Kết luận*

Nếu tại một nơi có điện trường biến thiên theo thời gian thì tại nơi đó xuất hiện một từ trường. Đường sức của từ trường bao giờ cũng khép kín.

II - ĐIỆN TỪ TRƯỜNG VÀ THUYẾT ĐIỆN TỪ MẮC-XOEN

1. Điện từ trường

Như vậy, điện trường biến thiên theo thời gian sinh ra từ trường, từ trường biến thiên theo thời gian sinh ra điện trường xoáy. *Hai trường biến thiên này liên quan mật thiết với nhau và là hai thành phần của một trường thống nhất, gọi là điện từ trường.*

2. Thuyết điện từ Mắc-xoen

Mắc-xoen đã xây dựng được một hệ thống bốn phương trình diễn tả mối quan hệ giữa :

– điện tích, điện trường, dòng điện và từ trường ;

– sự biến thiên của từ trường theo thời gian và điện trường xoáy ;

– sự biến thiên của điện trường theo thời gian và từ trường.

Đó là các phương trình Mắc-xoen, hạt nhân của một thuyết vật lí lớn : Thuyết điện từ. Thuyết này khẳng định mối quan hệ khăng khít giữa điện tích, điện trường và từ trường.

Những kết luận lí thuyết của Mắc-xoen đã được nhiều công trình nghiên cứu thực nghiệm sau này xác nhận là hoàn toàn chính xác.

Nếu tại một nơi có điện trường biến thiên theo thời gian thì tại nơi đó xuất hiện từ trường.

Nếu tại một nơi có từ trường biến thiên theo thời gian thì tại đó xuất hiện điện trường xoáy. (Điện trường xoáy là điện trường có đường sức khép kín).

Điện từ trường là trường có hai thành phần biến thiên theo thời gian, liên quan mật thiết với nhau là điện trường biến thiên và từ trường biến thiên.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Phát biểu mối quan hệ giữa sự biến thiên theo thời gian của từ trường và điện trường xoáy.

2. Phát biểu mối quan hệ giữa sự biến thiên theo thời gian của điện trường và từ trường.

3. Điện từ trường là gì ?

4. Ở đâu xuất hiện điện từ trường ?

A. Xung quanh một điện tích đứng yên.

B. Xung quanh một dòng điện không đổi.

C. Xung quanh một ống dây điện.

D. Xung quanh chỗ có tia lửa điện.

5. Hãy chọn câu đúng.

Đặt một hộp kín bằng sắt trong điện từ trường. Trong hộp kín sẽ

A. có điện trường.

B. có từ trường.

C. có điện từ trường.

D. không có các trường nói trên.

6. Điểm nào dưới đây không thuộc về nội dung của thuyết điện từ Mắc-xoen ?

A. Tương tác giữa các điện tích hoặc giữa điện tích với điện trường và từ trường.

B. Mối quan hệ giữa điện tích và sự tồn tại của điện trường và từ trường.

C. Mối quan hệ giữa sự biến thiên theo thời gian của từ trường và điện trường xoáy.

D. Mối quan hệ giữa sự biến thiên theo thời gian của điện trường và từ trường.

22 SÓNG ĐIỆN TỪ

Không có loại sóng nào lại có ứng dụng rộng rãi như sóng điện từ : Từ việc nghiên cứu các thiên hà xa xôi, điều khiển con tàu vũ trụ, truyền thanh, truyền hình, đến việc chữa bệnh, đun nấu bằng lò vi sóng,... tất cả đều có sử dụng sóng điện từ.

I - SÓNG ĐIỆN TỪ

1. Sóng điện từ là gì ?

Khi giải hệ phương trình Mắc-xoen, người ta thu được kết quả là điện từ trường lan truyền trong không gian dưới dạng sóng. Người ta gọi sóng đó là *sóng điện từ*.

Vậy, *sóng điện từ là điện từ trường lan truyền trong không gian.*



C1 Sóng điện từ và điện từ trường có gì khác nhau ?

2. Những đặc điểm của sóng điện từ

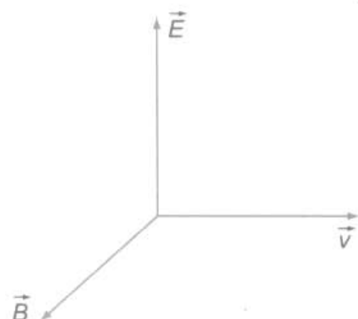
a) Sóng điện từ lan truyền được trong chân không. Tốc độ của sóng điện từ trong chân không có giá trị lớn nhất và bằng c, với $c \approx 3.10^8$ m/s, đúng bằng tốc độ ánh sáng trong chân không. Đây là một cơ sở để khẳng định ánh sáng là sóng điện từ.

Sóng điện từ lan truyền được trong các điện môi. Tốc độ của sóng điện từ trong các điện môi thì nhỏ hơn trong chân không và phụ thuộc vào hằng số điện môi.



C2 Viết công thức liên hệ giữa bước sóng điện từ (λ) với tần số sóng (f).

b) Sóng điện từ là sóng ngang : Vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ và vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ luôn luôn vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng. Ba vectơ, $\vec{E}$, $\vec{B}$ và $\vec{v}$ tại một điểm tạo với nhau thành một tam diện thuận (H.22.1).



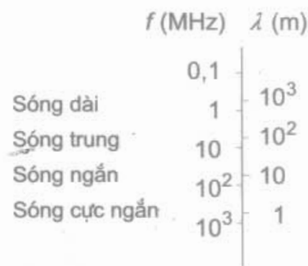
Hình 22.1

c) Trong sóng điện từ thì dao động của điện trường và của từ trường tại một điểm luôn luôn đồng pha với nhau.

d) Khi sóng điện từ gặp mặt phân cách giữa hai môi trường thì nó cũng bị phản xạ và khúc xạ như ánh sáng.

e) Sóng điện từ mang năng lượng. Nhờ có năng lượng mà khi sóng điện từ truyền đến một anten, nó sẽ làm cho các êlectron tự do trong anten dao động.

f) Những sóng điện từ có bước sóng từ vài mét đến vài kilômét được dùng trong thông tin liên lạc vô tuyến nên gọi là các *sóng vô tuyến*. Người ta chia các sóng vô tuyến thành : *sóng cực ngắn, sóng ngắn, sóng trung và sóng dài* (H.22.2).



Hình 22.2
Thang sóng vô tuyến.

II - SỰ TRUYỀN SÓNG VÔ TUYẾN TRONG KHÍ QUYỂN

1. Các vùng sóng ngắn ít bị hấp thụ

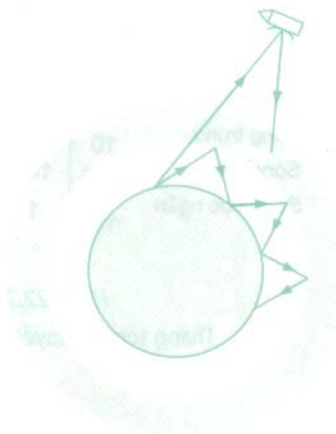
Các phân tử không khí trong khí quyển hấp thụ rất mạnh các sóng dài, sóng trung và sóng cực ngắn, nên các sóng này không thể truyền đi xa. Khoảng cách tối đa của sự truyền các sóng này là từ vài kilômét đến vài chục kilômét.

Không khí nói chung cũng hấp thụ mạnh sóng điện từ ở vùng bước sóng ngắn. Tuy nhiên, trong một số vùng tương đối hẹp, các sóng có bước sóng ngắn hầu như không bị không khí hấp thụ.

Nhìn vào mặt số ghi các dải tần của một máy thu thanh ta sẽ thấy ngay một số vùng sóng ngắn ít bị hấp thụ : 16 m ; 19 m ; 25 m ; 31 m ; 41 m ; 49 m ; 60 m ; 75 m ; 90 m và 120 m. Đài phát thanh của hầu hết các nước đều phát sóng trong những vùng sóng này.

2. Sự phản xạ của các sóng ngắn trên tầng điện li

Tầng điện li là một lớp khí quyển, trong đó các phân tử khí đã bị ion hoá rất mạnh dưới tác dụng của các tia tử ngoại trong ánh sáng Mặt Trời. Tầng điện li kéo dài từ độ cao khoảng 80 km đến độ cao khoảng 800 km.



Hình 22.3

Những sóng có tần số lớn hơn 30 MHz (các vi sóng) thì không phản xạ trên tầng điện li mà đi xuyên qua tầng này ra không gian vũ trụ. Tại đó chúng có thể gặp các anten parabol của các vệ tinh nhân tạo và phản xạ trở lại mặt đất. Các tín hiệu của vô tuyến truyền hình thường được phát bằng các vi sóng.

Một đặc điểm rất quan trọng của các sóng ngắn vô tuyến là chúng phản xạ rất tốt trên tầng điện li cũng như trên mặt đất và mặt nước biển như ánh sáng. Đó là vì đối với các sóng ngắn (có tần số rất lớn) thì các môi trường nói trên coi như dẫn điện rất tốt.

Nhờ có sự phản xạ liên tiếp trên tầng điện li (coi như một gương cầu lõm) và trên mặt đất (coi như một gương cầu lồi) mà các sóng ngắn có thể truyền đi rất xa (có thể đến vài chục nghìn kilômét) trên mặt đất (H.22.3).

- **Sóng điện từ là điện từ trường lan truyền trong không gian.**
- **Sóng điện từ là sóng ngang. $\vec{E}$, $\vec{B}$ và $\vec{v}$ tại một điểm luôn luôn tạo thành một tam diện thuận. Dao động của điện trường và từ trường trong sóng điện từ luôn luôn đồng pha với nhau.**
- **Sóng điện từ lan truyền được trong chân không và trong các điện môi. Khi gặp mặt phân cách giữa hai môi trường thì nó sẽ phản xạ và khúc xạ.**
- **Sóng vô tuyến là các sóng điện từ dùng trong thông tin vô tuyến. Chúng có bước sóng từ vài mét đến vài kilômét. Các sóng ngắn phản xạ tốt trên tầng điện li và trên mặt đất.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Sóng điện từ là gì ? Nêu những đặc điểm của sóng điện từ.

2. Nêu những đặc điểm của sự truyền sóng vô tuyến trong khí quyển.

3. Hãy chọn câu đúng.

   Nhiều khi ngồi trong nhà không thể dùng được điện thoại di động, vì không có sóng. Nhà đó chắc chắn phải là

   A. nhà sàn.

   B. nhà lá.

   C. nhà gạch.

   D. nhà bê tông.

4. Sóng điện từ có tần số 12 MHz thuộc loại sóng nào dưới đây ?

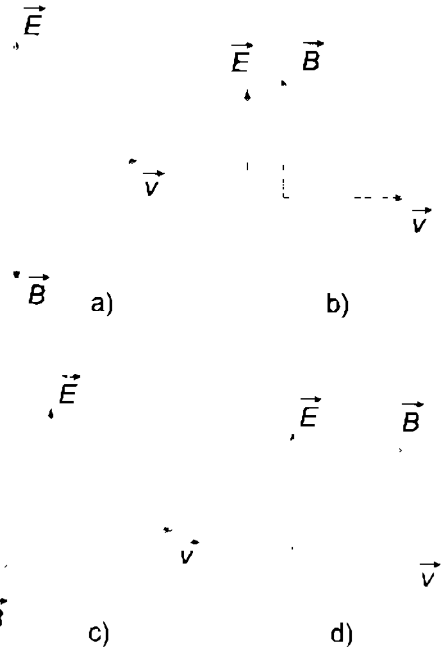
   A. Sóng dài.

   B. Sóng trung.

   C. Sóng ngắn.

   D. Sóng cực ngắn.

5. Trong các hình sau, hình nào diễn tả đúng phương và chiều của cường độ điện trường $\vec{E}$, cảm ứng từ $\vec{B}$ và tốc độ truyền sóng $\vec{v}$ của một sóng điện từ ?



   A. Hình 22.4a. B. Hình 22.4b.

   C. Hình 22.4c. D. Hình 22.4d.

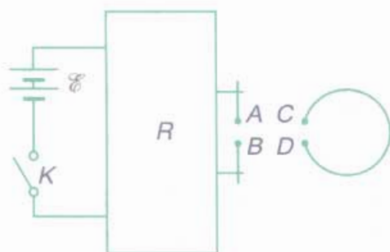
6. Tính tần số của các sóng ngắn có bước sóng 25 m, 31 m và 41 m. Biết tốc độ truyền sóng điện từ là 3.10^8 m/s.

BÀI ĐỌC THÊM

NHỮNG NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐẦU TIÊN VỀ SÓNG ĐIỆN TỪ



H.R.Héc (Heinrich Rudolf Hertz 1857 -1894) nhà vật lí người Đức.



Hình 22.5

Thuyết điện từ Mắc-xoen ra đời vào khoảng năm 1863, mãi đến năm 1887, Héc mới làm được thí nghiệm đầu tiên xác nhận sự tồn tại của sóng điện từ.

Nguồn phát sóng điện từ là những tia lửa điện phóng giữa hai quả cầu nhỏ *A* và *B*. Hai quả cầu này được nối với hai cực của một máy Rom-cóp *R* (Rhumkorff) (H.22.5). Máy này thực chất là một biến thế điện mà cuộn thứ cấp có rất nhiều vòng. Cuộn sơ cấp được nối với một bộ acquy qua một ngắt điện *K*. Một bộ phận rung làm cho ngắt điện *K* đóng, mở mạch điện với tần số lớn. Do đó ở mạch thứ cấp xuất hiện những xung điện thế cao, làm nảy tia lửa điện giữa *A* và *B*.

Máy thu là một vòng dây kim loại ở hai đầu có gắn hai quả cầu nhỏ *C* và *D*, giữa chúng có một khe hở rất hẹp. Hai quả cầu này được đặt song song và tương đối gần hai quả cầu *A* và *B*. Khi có tia lửa điện phóng giữa hai quả cầu *A* và *B* thì ta cũng thấy có tia lửa điện phóng giữa hai quả cầu *C* và *D*.

Ngày nay chúng ta đã quá quen thuộc với hiện tượng là mỗi khi có một tia chớp đánh giữa hai đám mây thì máy thu thanh của ta lại phát ra tiếng xoèn xoẹt.

23 NGUYÊN TẮC THÔNG TIN LIÊN LẠC BẰNG SÓNG VÔ TUYẾN

Làm thế nào có thể dùng các sóng điện từ để truyền các thông tin về lời ca tiếng hát của một ca sĩ, về hình ảnh và màu sắc của một cảnh thiên nhiên từ nơi này đến nơi khác trên Trái Đất ?

I - NGUYÊN TẮC CHUNG CỦA VIỆC THÔNG TIN LIÊN LẠC BẰNG SÓNG VÔ TUYẾN

Để đơn giản ta chỉ xét chủ yếu sự truyền thanh vô tuyến.

1. Phải dùng các sóng điện từ cao tần.

Những sóng vô tuyến dùng để tải các thông tin gọi là *các sóng mang*.



Trong vô tuyến truyền thanh người ta thường dùng các sóng mang có bước sóng từ vài mét đến vài trăm mét. Trong vô tuyến truyền hình, người ta dùng các sóng mang có bước sóng ngắn hơn nhiều.



2. Phải biến điệu các sóng mang.

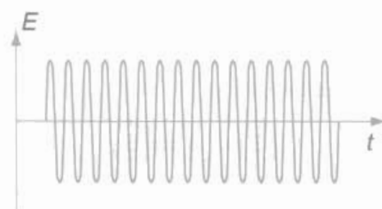
Âm nghe thấy được có tần số từ 16 Hz đến 20 kHz. Sóng mang có tần số từ 500 kHz đến 900 MHz, rất lớn so với tần số âm. Vấn đề là phải làm sao cho sóng mang truyền tải được những thông tin có tần số âm. Để giải quyết vấn đề này, người ta phải làm những việc sau :

– Dùng một bộ phận gọi là *micrô* để biến dao động âm thành dao động điện có cùng tần số. Dao động này ứng với một sóng điện từ gọi là sóng âm tần.

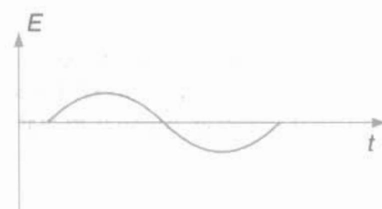
– Dùng một bộ phận khác để "trộn" sóng âm tần với sóng mang. *Việc làm này gọi là biến điệu sóng điện từ.* Bộ phận trộn sóng gọi là *mạch biến điệu*. Sóng mang đã được biến điệu sẽ truyền từ đài phát đến máy thu.

C1 Hãy giải thích tại sao phải dùng các sóng điện từ cao tần.

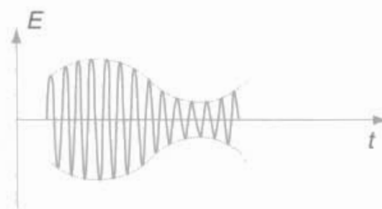
C2 Hãy nêu tên của các sóng mang này và cho biết khoảng tần số của chúng.



a) Đồ thị $E(t)$ của sóng mang chưa bị biến điệu.



b) Đồ thị $E(t)$ của sóng âm tần.



c) Đồ thị $E(t)$ của sóng mang đã được biến điệu về biên độ.

Hình 23.1

Ví dụ : Trong cách biến điệu biên độ, người ta làm cho biên độ của sóng mang biến thiên (tăng, giảm) theo thời gian với tần số bằng tần số âm (H.23.1).

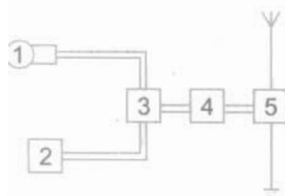
Cách biến điệu biên độ được dùng trong việc truyền thanh bằng các sóng dài, trung và ngắn.

3. Ở nơi thu phải tách sóng âm tần ra khỏi sóng cao tần để đưa ra *loa*. Bộ phận làm việc này gọi là *mạch tách sóng*. Loa sẽ biến dao động điện thành dao động âm có cùng tần số.

4. Khi tín hiệu thu được có cường độ nhỏ, ta phải khuếch đại chúng bằng các *mạch khuếch đại*.

Ta sẽ không đề cập đến cấu tạo và chuyển vận của các mạch biến điệu, mạch tách sóng, mạch khuếch đại, micrô và loa.

II - SƠ ĐỒ KHỐI CỦA MỘT MÁY PHÁT THANH VÔ TUYẾN ĐƠN GIẢN



Hình 23.2

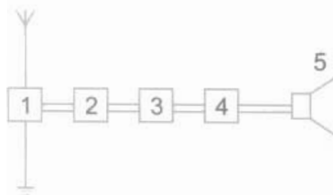
C3 Hãy trình bày tác dụng của mỗi bộ phận trong sơ đồ khối của máy phát thanh vô tuyến đơn giản.

Một máy phát thanh vô tuyến đơn giản cũng phải gồm ít nhất năm bộ phận cơ bản sau (H.23.2) : micrô (1) ; mạch phát sóng điện từ cao tần (2) ; mạch biến điệu (3) ; mạch khuếch đại (4) và cuối cùng là anten phát (5).

Sóng điện từ cao tần mang tín hiệu âm được phát ra từ anten.



III - SƠ ĐỒ KHỐI CỦA MỘT MÁY THU THANH ĐƠN GIẢN



Hình 23.3

C4 Hãy trình bày tác dụng của mỗi bộ phận trong sơ đồ khối của một máy thu thanh đơn giản.

Một máy thu thanh đơn giản cũng gồm ít nhất năm bộ phận sau (H.23.3) : anten thu (1) ; mạch khuếch đại dao động điện từ cao tần (2) ; mạch tách sóng (3) ; mạch khuếch đại dao động điện từ âm tần (4) và loa (5).



- Trong thông tin liên lạc bằng sóng vô tuyến, ta phải dùng các sóng điện từ cao tần.
- Muốn cho các sóng mang cao tần tải được các tín hiệu âm tần thì phải biến điệu chúng.
- Sơ đồ khối của máy phát thanh vô tuyến đơn giản gồm : micrô, bộ phát sóng cao tần, mạch biến điệu, mạch khuếch đại và anten.
- Sơ đồ khối của một máy thu thanh đơn giản gồm : anten, mạch khuếch đại dao động điện từ cao tần, mạch tách sóng, mạch khuếch đại dao động điện từ âm tần và loa.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Hãy nêu bốn nguyên tắc cơ bản của việc thông tin liên lạc bằng sóng vô tuyến.

2. Sóng mang là gì ? Thế nào là biến điệu một sóng điện từ cao tần ?

3. Vẽ sơ đồ khối của một máy phát thanh đơn giản và giải thích tác dụng của từng bộ phận trong sơ đồ.

4. Vẽ sơ đồ khối của một máy thu thanh đơn giản và giải thích tác dụng của từng bộ phận trong sơ đồ.

▼

5. Trong dụng cụ nào dưới đây có cả một máy phát và một máy thu sóng vô tuyến ?

A. Máy thu thanh.

B. Máy thu hình.

C. Chiếc điện thoại di động.

D. Cái điều khiển ti vi.

6. Chọn câu đúng.

Trong "máy bắn tốc độ" xe cộ trên đường

A. chỉ có máy phát sóng vô tuyến.

B. chỉ có máy thu sóng vô tuyến.

C. có cả máy phát và máy thu sóng vô tuyến.

D. không có máy phát và máy thu sóng vô tuyến.

7. Biến điệu sóng điện từ là gì ?

A. Là biến đổi sóng cơ thành sóng điện từ.

B. Là trộn sóng điện từ tần số âm với sóng điện từ tần số cao.

C. Là làm cho biên độ sóng điện từ tăng lên.

D. Là tách sóng điện từ tần số âm ra khỏi sóng điện từ tần số cao.

Tổng kết chương IV — Dao động và sóng điện từ

1. Mạch dao động gồm một tụ điện và một cuộn cảm mắc nối tiếp với nhau thành mạch kín. Sự phóng điện của tụ điện qua lại trong mạch tạo ra dao động điện từ trong mạch. Đó là sự biến thiên tuần hoàn của cường độ điện trường trong tụ điện và cảm ứng từ trong cuộn dây.

2. Chu kì dao động điện từ riêng của mạch :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

Tần số dao động riêng $f_0 = \dfrac{1}{T_0}$.

3. Điện từ trường là hệ thống hai trường biến thiên theo thời gian có liên hệ mật thiết với nhau là điện trường và từ trường.

4. Điện từ trường lan truyền dưới dạng sóng điện từ.

5. Trong thông tin liên lạc vô tuyến, người ta phải dùng sóng cao tần.

6. Các bộ phận của máy phát là : micrô, mạch phát dao động điện từ cao tần, mạch biến điệu, mạch khuếch đại và anten.

7. Các bộ phận của máy thu là : anten, mạch khuếch đại cao tần, mạch tách sóng, mạch khuếch đại âm tần và loa.

CHƯƠNG V
Sóng ánh sáng



Hình ảnh cầu vồng

- Hiện tượng tán sắc ánh sáng.
- Ánh sáng trắng. Ánh sáng đơn sắc.
- Hiện tượng giao thoa ánh sáng.
- Tia hồng ngoại và tia tử ngoại.
- Tia *X*.

24 TÁN SẮC ÁNH SÁNG

Đi vào một khu vườn hoa chúng ta thấy rất nhiều màu sắc của hoa rực rỡ dưới ánh sáng Mặt Trời. Chìa khoá để mở "bí mật về màu sắc" nằm ở đâu ?

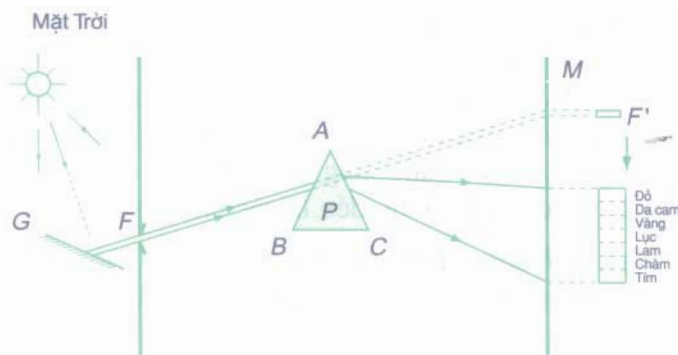
I - THÍ NGHIỆM VỀ SỰ TÁN SẮC ÁNH SÁNG CỦA NIU-TƠN (1672)

Trong thí nghiệm Hình 24.1, gương G dùng để phản chiếu ánh sáng Mặt Trời qua một khe hẹp F, nằm ngang, vào một buồng tối. Nhờ các hạt bụi nhỏ ta nhìn thấy vết của chùm sáng song song hẹp, qua F. Đặt một màn M song song với F và cách F chừng một hai mét để hứng chùm sáng, thì trên màn ta thấy một vệt sáng F' màu trắng, giống như khe F. Đặt một lăng kính thuỷ tinh P giữa F và F' cho cạnh khúc xạ của P song song với F, sao cho chùm sáng rọi xiên vào mặt AB, ta thấy vệt sáng F' trên màn M bị dịch xuống phía đáy lăng kính, đồng thời bị trải dài thành một dải màu sặc sỡ.

Quan sát kĩ dải màu, ta phân biệt được bảy màu, lần lượt từ trên xuống dưới (tức là từ đỉnh xuống đáy lăng kính) là : đỏ, da cam, vàng, lục, lam, chàm, tím. Đó cũng đúng là bảy màu của cầu vồng.

Ranh giới giữa các màu không rõ rệt, tức là màu nọ chuyển dần sang màu kia một cách liên tục.

Dải sáng màu này gọi là quang phổ của ánh sáng Mặt Trời, hay *quang phổ của Mặt Trời. Ánh sáng Mặt Trời là ánh sáng trắng.*



Hình 24.1

Hiện tượng trên gọi là *sự tán sắc ánh sáng* (gây ra bởi lăng kính *P*).



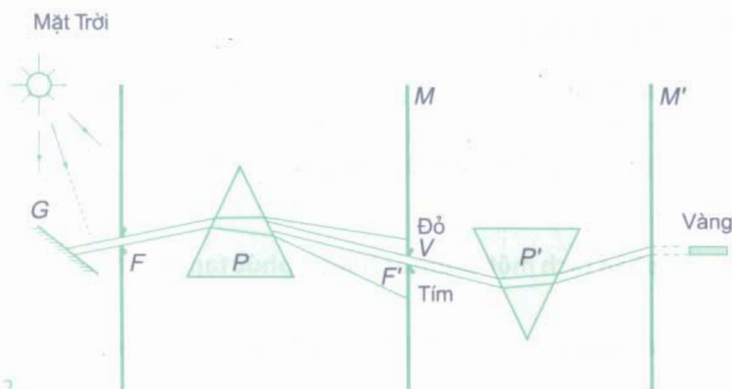
 Nhắc lại kết luận về sự lệch của tia sáng khi truyền qua lăng kính.

II - THÍ NGHIỆM VỚI ÁNH SÁNG ĐƠN SẮC CỦA NIU-TƠN

Để kiểm nghiệm xem có phải thuỷ tinh đã làm thay đổi màu của ánh sáng hay không, Niu-tơn đã làm thí nghiệm sau đây.

Ông rạch trên màn *M* ở thí nghiệm trên một khe hẹp *F'* song song với *F* và xê dịch màn *M* để đặt *F'* vào đúng chỗ một màu – màu vàng *V*, chẳng hạn – trên quang phổ (H.24.2). Như vậy, sau màn *M* ông được một chùm sáng hẹp, chỉ có màu vàng. Cho chùm sáng màu vàng đó khúc xạ qua một lăng kính *P'* giống hệt lăng kính *P* và hứng chùm tia ló trên một màn *M'*, ông thấy vệt sáng trên màn *M'*, tuy vẫn bị dịch chuyển về phía đáy của *P'*, nhưng vẫn giữ nguyên màu vàng. Vậy :

Chùm sáng màu vàng, tách ra từ quang phổ của Mặt Trời, sau khi qua lăng kính *P'*, chỉ bị lệch mà không bị đổi màu.



Hình 24.2

Niu-tơn gọi chùm sáng này là *chùm sáng đơn sắc*. Lần lượt đặt F' tại chỗ các màu đỏ, da cam, lục,... trên quang phổ, để lần lượt tách riêng từng chùm sáng màu đỏ, da cam, lục,... rồi cho chúng qua P', ông thấy rằng chúng cũng chỉ bị lệch, mà không bị đổi màu. Bảy chùm sáng có bảy màu cầu vồng, tách ra từ quang phổ của Mặt Trời, đều là các chùm sáng đơn sắc.

Vậy, ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có một màu nhất định và không bị tán sắc khi truyền qua lăng kính.

III - GIẢI THÍCH HIỆN TƯỢNG TÁN SẮC

– Ánh sáng trắng (ánh sáng Mặt Trời, ánh sáng đèn điện dây tóc, đèn măng sông...) không phải là ánh sáng đơn sắc, mà là hỗn hợp của nhiều ánh sáng đơn sắc có màu biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.

– Chiết suất của thuỷ tinh đối với các ánh sáng đơn sắc có màu khác nhau thì khác nhau. Chiết suất có giá trị nhỏ nhất đối với ánh sáng đỏ, và tăng dần khi chuyển sang màu da cam, màu vàng,... và có giá trị lớn nhất đối với ánh sáng tím.

Đặc điểm này chung cho mọi chất trong suốt (rắn, lỏng, khí).

Ngoài lăng kính thuỷ tinh, người ta còn tạo được nhiều dụng cụ làm tán sắc ánh sáng tốt hơn lăng kính.

Vì góc lệch của một tia sáng khúc xạ qua lăng kính tăng theo chiết suất, nên các chùm tia sáng có màu khác nhau trong chùm sáng tới bị lăng kính làm lệch những góc khác nhau, thành thử khi ló ra khỏi lăng kính, chúng không trùng nhau nữa. Do đó, chùm sáng ló bị xoè rộng thành nhiều chùm đơn sắc. Vậy :

Sự tán sắc ánh sáng là sự phân tách một chùm ánh sáng phức tạp thành các chùm sáng đơn sắc.

IV - ỨNG DỤNG

Hiện tượng tán sắc giúp ta giải thích được một số hiện tượng tự nhiên, ví dụ : cầu vồng bảy sắc (xem bài đọc thêm), và được ứng dụng trong máy quang phổ lăng kính.

Sự tán sắc ánh sáng là sự phân tách một chùm ánh sáng phức tạp thành các chùm sáng đơn sắc.

Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có một màu nhất định và không bị tán sắc khi truyền qua lăng kính.

Ánh sáng trắng là hỗn hợp của nhiều ánh sáng đơn sắc có màu biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.

Chiết suất của các chất trong suốt biến thiên theo màu sắc của ánh sáng và tăng dần từ màu đỏ, đến màu tím.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

?

1. Trình bày thí nghiệm của Niu-tơn về sự tán sắc ánh sáng.

2. Trình bày thí nghiệm với ánh sáng đơn sắc của Niu-tơn.

3. Trong thí nghiệm với ánh sáng đơn sắc của Niu-tơn, nếu ta bỏ màn *M* đi rồi đưa hai lăng kính lại sát nhau, nhưng vẫn đặt ngược chiều nhau, thì ánh sáng có còn bị tán sắc hay không ?

4. Chọn câu đúng.

Thí nghiệm với ánh sáng đơn sắc của Niu-tơn nhằm chứng minh

A. sự tồn tại của ánh sáng đơn sắc.

B. lăng kính không làm thay đổi màu sắc của ánh sáng qua nó.

C. ánh sáng Mặt Trời không phải là ánh sáng đơn sắc.

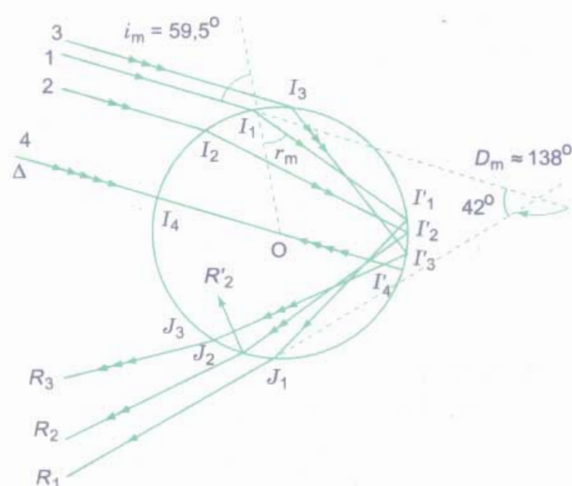
D. ánh sáng có bất kì màu gì, khi qua lăng kính cũng bị lệch về phía đáy.

5. Một lăng kính thuỷ tinh có góc chiết quang $A = 5^o$, được coi là nhỏ, có chiết suất đối với ánh sáng đỏ và ánh sáng tím lần lượt là $n_đ = 1,643$ và $n_t = 1,685$. Cho một chùm sáng trắng hẹp rọi vào một mặt bên của lăng kính, dưới góc tới *i* nhỏ. Tính góc giữa tia tím và tia đỏ sau khi ló ra khỏi lăng kính.

6. Một cái bể sâu 1,2 m chứa đầy nước. Một tia sáng Mặt Trời rọi vào mặt nước bể, dưới góc tới *i*, có $\tan i = \frac{4}{3}$. Tính độ dài của vết sáng tạo ở đáy bể. Cho biết chiết suất của nước đối với ánh sáng đỏ và ánh sáng tím lần lượt là $n_đ = 1,328$ và $n_t = 1,343$.

BÀI ĐỌC THÊM

Cầu vồng



Hình 24.3

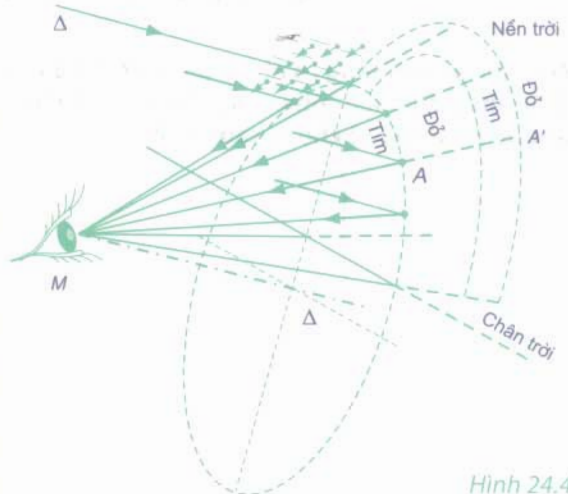
Mùa hè, sau một cơn mưa rào nhẹ, vào lúc sáng hoặc buổi chiều nắng, đứng quay lưng về phía Mặt Trời và nhìn lên bầu trời, đôi khi ta thấy một dải sáng hẹp hình cung tròn, có bảy màu nổi bật như vẽ trên nền trời. Nhiều khi ta còn trông thấy một cung thứ hai, đồng tâm với cung thứ nhất ở phía ngoài cũng có đủ bảy màu, nhưng hơi kém sáng so với cung thứ nhất. Đó là cầu vồng cùng cái tay vịn (hay cầu vồng ngoài) của nó. Quan sát kĩ, thì thấy ở cầu vồng trong thì mép ngoài có màu đỏ, mép trong có màu tím ; trái lại ở cầu vồng ngoài, màu đỏ lại ở mép trong còn màu tím ở mép ngoài.

Bảy màu của cầu vồng chính là do ánh sáng Mặt Trời bị tán sắc trong các hạt mưa sinh ra. Vì vật tán sắc không phải là một lăng kính, mà là một khối cầu, nên hiện tượng hơi phức tạp hơn so với trong lăng kính.

Ta xét giọt nước hình cầu, tâm O (H.24.3) được ánh sáng Mặt Trời rọi tới theo phương Δ. Trong chùm sáng tới giọt nước, có vô số tia sáng : tia 1 tới điểm I_1, tia 2 tới điểm I_2, tia 3 tới điểm I_3,... Tia 2 chẳng hạn, tới điểm I_2 khúc xạ trong giọt nước tới điểm I_2' bị phản xạ (và cho một tia ló, nhưng tia ló này không tới mắt ta, nên ta không xét), tới J_2 cho tia ló J_2R_2 (và tia phản xạ lần thứ hai $J_2R'_2$), tia ló này như vậy đã lệch so với tia tới một góc D_2. Tuy các tia sáng 1, 2, 3,... đều là tia song song, nhưng mặt khúc xạ lại là mặt cầu, nên góc tới i_1, i_2, i_3,... của các tia ấy khác nhau và các góc lệch D_1, D_2, D_3,... cũng khác nhau. Tính toán cho thấy rằng, tia tới cho tia ló lệch ít nhất là tia số 1, tới mặt cầu dưới góc i_m chừng 59,5° và cho góc lệch D_m nhỏ nhất vào cỡ 138°, và do sự tán sắc trong nước nên góc lệch D_m thay đổi theo màu sắc chùm sáng ; D_m bằng chừng 138° đối với tia đỏ và chừng 140° đối với tia tím.

Nếu ta đứng quay lưng về Mặt Trời và nhìn về phía các giọt nước (H.24.4) thì các tia ló J_1R_1, J_2R_2, J_3R_3,... từ các giọt nước khác nhau này rọi vào mắt. Nhưng vì có hàng triệu triệu giọt nước và các

tia sáng ấy lại tới mắt theo các hướng khác nhau, nên – trừ tia J_1R_1 ở độ lệch cực tiểu – chúng không tạo được ảnh gì rõ nét. Riêng tia J_1R_1 làm với tia tới một góc không đổi $180^o - D$, đối với mọi giọt nước, nên chúng mới gặp nhau (ở vô cực) và mới cho được một ảnh rõ nét. Giả sử M là vị trí của mắt. Hình 24.4 cho thấy rằng, các tia sáng J_1R_1 đi từ các giọt nước khác nhau đều làm với phương Δ của ánh sáng tới cùng một góc 42^o đối với ánh sáng đỏ và 40^o đối với ánh sáng tím. Như vậy, các tia cùng màu đỏ, lúc tới mắt phải làm thành một hình nón tròn xoay, mà trục là đường (vẽ chấm gạch trên Hình 24.4) vẽ từ M, song song với các tia sáng tới. Đối với các giọt nước ở quanh điểm A (H.24.4) vì mắt nhận được các tia sáng theo phương MA, nên ta tưởng như các tia sáng ấy được phát đi từ điểm A' trên nền trời, theo đường tròn đáy của hình nón nói trên. Vì vậy, ta thấy cầu vồng có dạng một cung tròn, cung màu đỏ lớn hơn cung màu tím.

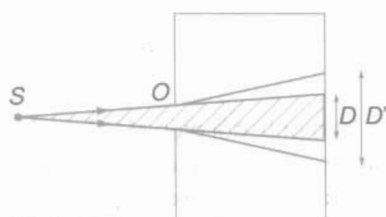


Hình 24.4

Trục của hình nón chính là một tia sáng Mặt Trời, mà hình nón lại ở phía đối diện Mặt Trời đối với người quan sát, nên khi Mặt Trời ở cao trên 42^o thì toàn bộ hình nón ở dưới chân trời và ta không quan sát được cầu vồng. Vì vậy, ta chỉ quan sát được cầu vồng khi Mặt Trời ở cao không quá 40^o, tức là lúc sáng sớm hoặc lúc chiều. Mặt Trời càng thấp thì phần hình nón lên khỏi chân trời cũng càng lớn và cầu vồng càng to. Khi Mặt Trời ở đúng chân trời thì cầu vồng to nhất, bằng nửa đường tròn. Mặt Trời xuống dưới chân trời thì không trông thấy cầu vồng nữa.

25 GIAO THOA ÁNH SÁNG

Giữa âm và ánh sáng có nhiều điểm tương đồng : chúng cùng truyền theo đường thẳng, cùng tuân theo định luật phản xạ... Âm lại có tính chất sóng. Liệu ánh sáng cũng có tính chất ấy không ? Bài này sẽ cho ta câu trả lời.



Hình 25.1

Do có sự nhiễu xạ ánh sáng, chùm sáng khi qua lỗ O bị loe ra thêm một chút.

I - HIỆN TƯỢNG NHIỄU XẠ ÁNH SÁNG

Đặt một nguồn sáng điểm S trước một lỗ tròn nhỏ O, khoét trên thành của một hộp kín hình hộp chữ nhật (H.25.1). Nếu ánh sáng truyền thẳng thì trên thành đối diện của lỗ O ta sẽ thấy một vết sáng tròn đường kính D. Vết sáng đó là đáy của một hình nón đỉnh S, mặt bên tựa lên chu vi của lỗ.

Thực tế thì ta lại thấy một vết tròn sáng có đường kính D' lớn hơn D. Lỗ O càng nhỏ thì D' càng lớn so với D.

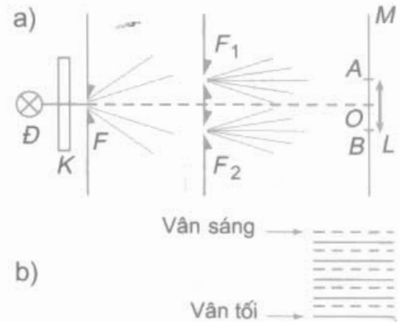
Như vậy, khi gặp mép lỗ, ánh sáng đã có sự truyền sai lệch với sự truyền thẳng. *Hiện tượng truyền sai lệch so với sự truyền thẳng khi ánh sáng gặp vật cản gọi là hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng.*

Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng chỉ có thể giải thích được nếu thừa nhận ánh sáng có tính chất sóng, tương tự như hiện tượng nhiễu xạ của sóng trên mặt nước khi gặp vật cản. *Mỗi chùm sáng đơn sắc coi như một sóng có bước sóng xác định.*

II - HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

1. Thí nghiệm Y-âng về giao thoa ánh sáng

Một bóng đèn *Đ* chiếu sáng một khe hẹp *F* (H.25.2). Khe *F* nhiễu xạ ánh sáng qua nó và trở thành một nguồn sáng mới, nguồn này lại chiếu sáng hai khe hẹp F_1, F_2 giống nhau, đặt cách đều *F* chừng vài chục xentimét. Ánh sáng nhiễu xạ qua F_1, F_2 cùng rọi vào một tấm kính mỏng trong suốt *M* đóng vai trò như một màn ảnh, đặt cách F_1, F_2 chừng vài chục xentimét. Quan sát *M* qua một kính lúp *L*, ta trông thấy một hệ vân có nhiều màu. Đặt một tấm kính màu *K*, màu đỏ chẳng hạn, giữa đèn *Đ* và khe *F* thì trên màn *M* chỉ có những vạch sáng đỏ và tối xen kẽ, song song và cách đều nhau.



Hình 25.2

Hiện tượng trong vùng hai chùm sáng gặp nhau lại có những vạch tối đã buộc ta phải thừa nhận ánh sáng có tính chất sóng. Những vạch tối là chỗ hai sóng ánh sáng triệt tiêu lẫn nhau. Những vạch sáng là chỗ hai sóng ánh sáng tăng cường lẫn nhau. Những vạch sáng và tối xen kẽ nhau chính là hệ vân giao thoa của hai sóng ánh sáng. **C1**

C1 Trong thí nghiệm này, có thể bỏ màn *M* đi được không ?

Thí nghiệm Y-âng được giải thích như sau :

Hai khe F_1, F_2 được chiếu sáng bởi cùng một khe *F* đã trở thành hai nguồn kết hợp. Hai sóng kết hợp phát đi từ F_1, F_2 khi gặp nhau trên màn *M* đã giao thoa với nhau.

2. Vị trí các vân sáng

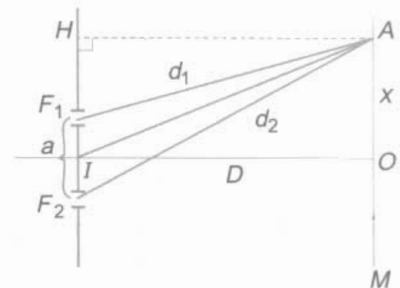
Hình 25.3 là sơ đồ rút gọn của thí nghiệm Y-âng trên.

Ta đặt :

$a = F_1F_2$; *I* là trung điểm của F_1F_2 ; *A* là một điểm trên màn *M* ;

$d_1 = F_1A$ và $d_2 = F_2A$; *O* là giao điểm của đường trung trực của F_1F_2 với màn *M* ;

$x = OA$; $D = IO$ là khoảng cách từ hai nguồn đó tới màn *M* ; λ là bước sóng ánh sáng.



Hình 25.3

Tính hiệu đường đi :

Hai tam giác vuông AHF_1 và AHF_2 cho ta :

$$\overline{AF}_1^2 - \overline{HF}_1^2 = \overline{AH}^2 =$$
$$= \overline{AF}_2^2 - \overline{HF}_2^2$$

Do đó :

$$\overline{AF}_2^2 - \overline{AF}_1^2 = \overline{HF}_2^2 - \overline{HF}_1^2$$
$$d_2^2 - d_1^2 =$$
$$= (HF_2 - HF_1)(HF_2 + HF_1)$$
$$(d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = a.2x$$
$$d_2 - d_1 = \frac{2ax}{d_2 + d_1}$$

Quan sát các vân giao thoa, có thể nhận biết vân nào là vân chính giữa không ?

Hiệu đường đi $d_2 - d_1$:

$$d_2 - d_1 = \frac{2ax}{d_2 + d_1}$$

a và x thường không quá một, hai milimét, còn D thường là vài chục, thậm chí một, hai trăm xentimét. Do đó có thể lấy gần đúng $d_2 + d_1 \approx 2D$ và đẳng thức trên thành :

$$d_2 - d_1 \approx \frac{2ax}{2D} = \frac{ax}{D} \Rightarrow x = \frac{D}{a}(d_2 - d_1)$$

Để tại A có một vân sáng thì hai sóng gặp nhau tại A phải tăng cường lẫn nhau, tức là ta phải có :

$$d_2 - d_1 = k\lambda \qquad \text{với } k = 0, \pm1, \pm2...$$

và khoảng cách từ O đến vân sáng thứ k là :

$$\boldsymbol{x_k = k\frac{\lambda D}{a}} \qquad (k = 0, \pm1, \pm2...) \qquad (25.1)$$

k gọi là *bậc giao thoa.*

Vì xen chính giữa hai vân sáng là một vân tối nên ta có thể chứng minh dễ dàng công thức xác định vị trí các vân tối :

$$\boldsymbol{x_{k'} = (k' + \frac{1}{2})\frac{\lambda D}{a}} \qquad (k' = 0, \pm1, \pm2...) \qquad (25.1')$$

Đối với các vân tối, không có khái niệm bậc giao thoa.

3. Khoảng vân

a) Định nghĩa : *Khoảng vân i là khoảng cách giữa hai vân sáng, hoặc hai vân tối liên tiếp.*

b) Công thức tính khoảng vân :

$$i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a}[(k+1) - k]$$

$$\boldsymbol{i = \frac{\lambda D}{a}} \qquad (25.2)$$

c) Tại điểm O, ta có $x = 0$, $k = 0$ và $d_2 - d_1 = 0$ không phụ thuộc λ. Vậy ở O có vân sáng bậc 0 của mọi ánh sáng đơn sắc. Ta gọi nó là vân chính giữa, hay vân trung tâm.

4. Ứng dụng : Đo bước sóng của ánh sáng

Từ công thức (25.2), ta suy ra :

$$\lambda = \frac{ia}{D} \qquad (25.3)$$

Công thức này cho thấy rằng, nếu đo ba đại lượng i, a và D thì suy ra được λ. Chính bằng cách này mà Y-âng, lần đầu tiên, đã đo được bước sóng của một số ánh sáng đơn sắc khác nhau.

III - BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG VÀ MÀU SẮC

Kết quả đo bước sóng của các ánh sáng đơn sắc khác nhau cho thấy rằng :

1. Mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng trong chân không xác định.

Ví dụ :

Ánh sáng vàng của đèn natri có $\lambda \approx 589$ nm ;

Ánh sáng lục của đèn thuỷ ngân có :

$$\lambda = 546 \text{ nm}.$$

2. Các ánh sáng đơn sắc có bước sóng trong khoảng từ 380 nm[1] (ứng với màu tím trên quang phổ) đến chừng 760 nm (ứng với màu đỏ) mới gây ra cảm giác sáng. Đó là các *ánh sáng nhìn thấy được* (khả kiến).

3. Ánh sáng trắng của Mặt Trời là hỗn hợp của vô số ánh sáng đơn sắc có bước sóng biến thiên liên tục từ 0 đến ∞. Nhưng chỉ các bức xạ có bước sóng trong khoảng từ 380 nm đến 760 nm là giúp được cho mắt nhìn mọi vật và phân biệt màu sắc.

4. Bảng 25.1 cho biết khoảng bước sóng trong chân không của bảy vùng màu trên quang phổ, hay bảy màu cầu vồng.

Chú ý rằng, bước sóng ánh sáng mà ta nói ở đây là bước sóng ánh sáng trong chân không. Khi truyền trong các môi trường trong suốt thì tốc độ của ánh sáng giảm đi, nhưng chu kì, hay tần số của sóng ánh sáng vẫn không đổi, nên bước sóng sẽ giảm.

Bảng 25.1

Bước sóng của ánh sáng nhìn thấy trong chân không

Màu	λ (nm)
Đỏ	640 ÷ 760
Da cam	590 ÷ 650
Vàng	570 ÷ 600
Lục	500 ÷ 575
Lam	450 ÷ 510
Chàm	430 ÷ 460
Tím	380 ÷ 440

(1) 1 nm (nanômét) = 1.10^{-9} m

5. Điều kiện về nguồn kết hợp trong hiện tượng giao thoa ánh sáng có thể phát biểu như sau :

- Hai nguồn phải phát ra hai sóng ánh sáng có cùng bước sóng.
- Hiệu số pha dao động của hai nguồn phải không đổi theo thời gian.

Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng truyền sai lệch với sự truyền thẳng khi ánh sáng gặp vật cản. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng chứng tỏ ánh sáng có tính chất sóng.

Mỗi ánh sáng đơn sắc có bước sóng hoặc tần số trong chân không hoàn toàn xác định.

Thí nghiệm Y-âng chứng tỏ rằng hai chùm ánh sáng cũng có thể giao thoa được với nhau, nghĩa là ánh sáng có tính chất sóng.

Hai nguồn sáng kết hợp là hai nguồn phát ra hai sóng ánh sáng có cùng bước sóng và hiệu số pha dao động giữa hai nguồn không thay đổi theo thời gian.

Công thức xác định vị trí vân sáng :

$$x_k = k\frac{\lambda D}{a} \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2...)$$

Công thức tính khoảng vân i :

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

(λ : bước sóng ; $a = F_1F_2$ là khoảng cách giữa hai nguồn kết hợp, $D = OI$ là khoảng cách từ hai nguồn kết hợp đến màn quan sát).

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Kết luận quan trọng nhất rút ra từ thí nghiệm Y-âng là gì ?

2. Viết công thức xác định vị trí các vân sáng.

3. Viết công thức tính khoảng vân.

4. Ánh sáng nhìn thấy được có bước sóng nằm trong khoảng nào ?

5. Nêu những đặc điểm của ánh sáng đơn sắc.

6. Chỉ ra công thức đúng để tính khoảng vân.

A. $i = \frac{\lambda D}{a}$; B. $i = \frac{\lambda a}{D}$;

C. $i = \frac{aD}{\lambda}$; D. $i = \frac{a}{\lambda D}$.

7. Chọn câu đúng.

Ánh sáng màu vàng của natri có bước sóng λ bằng

A. 0,589 mm. B. 0,589 nm.

C. 0,589 μm. D. 0,589 pm.

8. Trong một thí nghiệm Y-âng với $a = 2$ mm, $D = 1,2$ m, người ta đo được $i = 0,36$ mm. Tính bước sóng λ và tần số f của bức xạ.

9. Một khe hẹp F phát ánh sáng đơn sắc, bước sóng $\lambda = 600$ nm chiếu sáng hai khe F_1, F_2 song song với F và cách nhau 1,2 mm. Vân giao thoa được quan sát trên một màn M song song với mặt phẳng chứa F_1, F_2 và cách nó 0,5 m.

a) Tính khoảng vân.

b) Xác định khoảng cách từ vân sáng chính giữa đến vân sáng bậc 4.

10. Trong một thí nghiệm Y-âng, khoảng cách giữa hai khe F_1, F_2 là $a = 1,56$ mm, khoảng cách từ F_1, F_2 đến màn quan sát là $D = 1,24$ m. Khoảng cách giữa 12 vân sáng liên tiếp là 5,21 mm. Tính bước sóng ánh sáng.

26 CÁC LOẠI QUANG PHỔ

Nhờ nghiên cứu quang phổ mà người ta biết được thành phần cấu tạo của Mặt Trời, của các vì sao xa xôi, của một mẻ thép đang nấu trong lò, của dầu khí... Vậy quang phổ là gì ?

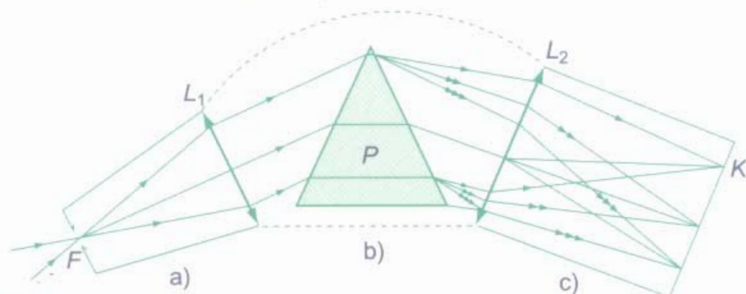
I - MÁY QUANG PHỔ LĂNG KÍNH

Máy quang phổ là dụng cụ dùng để phân tích một chùm ánh sáng phức tạp thành những thành phần đơn sắc.

Máy quang phổ lăng kính (H.26.1) gồm có ba bộ phận chính.

1. Ống chuẩn trực

Ống chuẩn trực (H.26.1a) là một cái ống, một đầu có một thấu kính hội tụ L_1, đầu kia có một khe hẹp F, đặt ở tiêu điểm chính của L_1. Chiếu sáng khe F bằng nguồn S mà ta khảo sát, thì F tác dụng như một nguồn sáng. Ánh sáng đi từ F, sau khi qua L_1, sẽ là một chùm song song.



Hình 26.1

2. Hệ tán sắc

Hệ tán sắc (H.26.1b) gồm một (hoặc hai, ba) lăng kính P. Chùm tia song song ra khỏi ống chuẩn trực, sau khi qua hệ tán sắc, sẽ phân tán thành nhiều chùm tia đơn sắc, song song[1].

---

(1) Trong nhiều máy quang phổ hiện đại, thay cho lăng kính, người ta còn dùng *cách tử*. Cách tử làm tán sắc chùm sáng tốt hơn lăng kính, nhưng theo một nguyên lí khác.

3. Buồng tối

Buồng tối (hay buồng ảnh) (H.26.1c) là một cái hộp kín ánh sáng, một đầu có thấu kính hội tụ L_2, đầu kia có một tấm phim ảnh K (hoặc kính ảnh) đặt ở mặt phẳng tiêu của L_2. Các chùm sáng song song ra khỏi hệ tán sắc, sau khi qua L_2, sẽ hội tụ tại các điểm khác nhau trên tấm phim K, mỗi chùm cho ta một ảnh thật, đơn sắc của khe F. Vậy, trên tấm phim K, ta chụp được một loạt ảnh của khe F, mỗi ảnh ứng với một bước sóng xác định, và gọi là một *vạch quang phổ*.

Tập hợp các vạch quang phổ chụp được làm thành *quang phổ* của nguồn S.

II - QUANG PHỔ PHÁT XẠ

Mọi chất rắn, lỏng, khí được nung nóng đến nhiệt độ cao, đều phát ánh sáng. Quang phổ của ánh sáng do các chất đó phát ra gọi là quang phổ phát xạ của chúng.

Để khảo sát quang phổ của một chất, ta đặt một mẩu nhỏ (vài miligam) chất đó lên đầu một điện cực than, rồi cho phóng một hồ quang điện giữa cực ấy với một cực than khác, và cho ánh sáng của hồ quang ấy rọi vào khe F của một máy quang phổ, để chụp quang phổ của chất ấy.

Quang phổ phát xạ của các chất khác nhau có thể chia thành hai loại lớn : quang phổ liên tục và quang phổ vạch.

Quang phổ liên tục là một dải có màu từ đỏ đến tím nối liền nhau một cách liên tục.

Quang phổ liên tục do các chất rắn, chất lỏng hoặc chất khí có áp suất lớn, phát ra khi bị nung nóng.

Quang phổ liên tục của các chất khác nhau ở cùng một nhiệt độ thì giống nhau và chỉ phụ thuộc nhiệt độ của chúng.

Quang phổ vạch là một hệ thống những vạch sáng riêng lẻ, ngăn cách nhau bởi những khoảng tối.

Quang phổ vạch do chất khí ở áp suất thấp phát ra, khi bị kích thích bằng nhiệt, hay bằng điện. Quang phổ vạch của các nguyên tố khác nhau thì rất khác nhau về số lượng các vạch, về vị trí (hay bước sóng) và độ sáng tỉ đối giữa các vạch[1] : "Mỗi nguyên tố hoá học có một quang phổ vạch đặc trưng của nguyên tố đó".

Ví dụ, trong quang phổ vạch phát xạ của hiđrô, ở vùng ánh sáng nhìn thấy có bốn vạch đặc trưng là vạch đỏ, vạch lam, vạch chàm và vạch tím.

III - QUANG PHỔ HẤP THỤ

Dùng một bóng đèn điện dây tóc chiếu sáng khe *F* của một máy quang phổ. Trên tiêu diện của thấu kính buồng tối, có một quang phổ liên tục của dây tóc đèn. Đặt xen giữa đèn và khe *F* một cốc thuỷ tinh đựng dung dịch màu, thì trên quang phổ liên tục ta thấy có một số dải đen. Ta kết luận rằng, các vạch quang phổ trong các dải đen ấy đã bị dung dịch hấp thụ. Và, quang phổ liên tục, thiếu các ánh sáng do bị dung dịch hấp thụ, được gọi là *quang phổ hấp thụ* của dung dịch.

Chất rắn, chất lỏng và chất khí đều cho được quang phổ hấp thụ. Quang phổ hấp thụ của chất khí chỉ chứa các vạch hấp thụ, còn quang phổ của chất lỏng và chất rắn lại chứa các "đám", mỗi đám gồm nhiều vạch hấp thụ nối tiếp nhau một cách liên tục.

Quang phổ của chất rắn, chất lỏng và chất khí có áp suất lớn khi bị nung nóng phát ra là quang phổ liên tục. Quang phổ liên tục chỉ phụ thuộc nhiệt độ của chất phát xạ.

Quang phổ phát xạ của chất khí ở áp suất thấp khi bị nung nóng phát ra là quang phổ vạch. Quang phổ vạch của nguyên tố nào thì đặc trưng cho nguyên tố ấy.

Quang phổ hấp thụ là các vạch hay đám vạch tối trên nền của một quang phổ liên tục. Quang phổ hấp thụ của các chất khí chứa các vạch hấp thụ và là đặc trưng cho chất khí đó.

(1) Độ sáng tỉ đối là độ sáng của vạch này so với vạch kia trong cùng một quang phổ.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Quang phổ vạch phát xạ là gì ? Điều kiện để có quang phổ vạch phát xạ là gì ? Đặc điểm của quang phổ vạch phát xạ là gì ?

2. Quang phổ liên tục là gì ? Điều kiện để có quang phổ liên tục là gì ? Đặc điểm của quang phổ liên tục là gì ?

3. Quang phổ hấp thụ là gì ? Trình bày cách tạo ra quang phổ hấp thụ. Đặc điểm của quang phổ hấp thụ là gì ?

4. Quang phổ vạch phát xạ do chất nào dưới đây bị nung nóng phát ra ?

   A. Chất rắn.

   B. Chất lỏng.

   C. Chất khí ở áp suất thấp.

   D. Chất khí ở áp suất cao.

5. Chỉ ra câu **sai**.

   Quang phổ liên tục được phát ra bởi chất nào dưới đây khi bị nung nóng ?

   A. Chất rắn.

   B. Chất lỏng.

   C. Chất khí ở áp suất thấp.

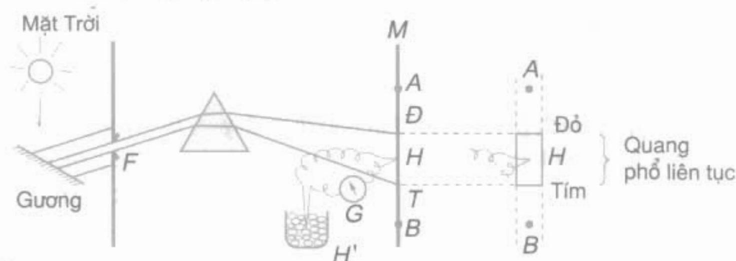
   D. Chất khí ở áp suất cao.

6. Trong quang phổ vạch phát xạ của hiđrô, ta thấy vạch lam nằm bên phải vạch chàm. Vậy các vạch đỏ và vạch tím nằm thế nào ?

27 TIA HỒNG NGOẠI VÀ TIA TỬ NGOẠI

I - PHÁT HIỆN TIA HỒNG NGOẠI VÀ TIA TỬ NGOẠI

Ta làm lại thí nghiệm 1 về tán sắc ánh sáng trong bài 24 và đặt một mối hàn *H* của một cặp nhiệt điện nhạy vào chỗ một màu nào đó trên quang phổ (H.27.1), còn mối hàn *H'* kia nhúng trong cốc nước đá đang tan.



Hình 27.1

Từ từ đưa mối hàn *H* từ đầu đỏ *Đ* đến đầu tím *T* của quang phổ, ta thấy dù *H* ở chỗ nào, kim của điện kế cũng lệch. Điều đó chứng tỏ bức xạ Mặt Trời đã làm nóng mối hàn.

Đưa mối hàn *H* ra khỏi đầu *Đ* của quang phổ, tới điểm *A* chẳng hạn (H.27.1), thì kim của điện kế vẫn lệch, thậm chí còn lệch nhiều hơn so với lúc ở *Đ* ; đưa mối hàn ra khỏi đầu *T*, đến điểm *B* chẳng hạn, kim điện kế vẫn tiếp tục bị lệch, tuy lệch ít hơn so với lúc ở *T*. Đặc biệt nếu thay màn *M* bằng một tấm bìa có phủ bột huỳnh quang (bột phủ bên trong các đèn ống), thì thấy ở phần màu tím và phần kéo dài của quang phổ khỏi màu tím, bột huỳnh quang phát sáng rất mạnh. Vậy :

Ở ngoài quang phổ ánh sáng nhìn thấy được, ở cả hai đầu đỏ và tím, còn có những bức xạ mà mắt không trông thấy, nhưng nhờ mối hàn của cặp nhiệt điện và bột huỳnh quang mà ta phát hiện được.

C1 Một số người gọi tia tử ngoại là "tia cực tím", gọi thế thì sai ở điểm nào ?

Bức xạ không trông thấy ở ngoài vùng màu đỏ của quang phổ (điểm *A*) gọi là *bức xạ (hay tia) hồng ngoại*. Bức xạ ở điểm *B*, ngoài vùng tím gọi là *bức xạ (hay tia) tử ngoại*.



II - BẢN CHẤT VÀ TÍNH CHẤT CHUNG CỦA TIA HỒNG NGOẠI VÀ TIA TỬ NGOẠI

1. Bản chất

Thí nghiệm trên đây cho thấy rằng, *tia hồng ngoại và tia tử ngoại được thu cùng với các tia sáng thông thường và được phát hiện bằng cùng một dụng cụ*. Vậy, *chúng có cùng bản chất với ánh sáng*. Chúng chỉ khác ánh sáng thông thường ở chỗ không nhìn thấy được.

2. Tính chất

Nhiều thí nghiệm khác nhau cho thấy rằng, *tia hồng ngoại và tia tử ngoại cũng tuân theo các định luật : truyền thẳng, phản xạ, khúc xạ, và cũng gây được hiện tượng nhiễu xạ, giao thoa như ánh sáng thông thường.*

Dùng phương pháp giao thoa, người ta đã đo được chính xác bước sóng của chúng và thấy rằng "miền hồng ngoại" trải từ bước sóng 760 nm đến khoảng vài milimét, còn "miền tử ngoại" trải từ bước sóng 380 nm đến vài nanômét.

Đặc biệt, có thể phát và thu các tia hồng ngoại ở vùng bước sóng vài milimét bằng cả hai phương pháp : phương pháp phát và thu tia hồng ngoại ; phương pháp phát và thu sóng vô tuyến. Điều đó chứng tỏ tia hồng ngoại có cùng bản chất với sóng điện từ.

III - TIA HỒNG NGOẠI

1. Cách tạo ra

Về lí thuyết, mọi vật có nhiệt độ cao hơn 0 K đều phát ra tia hồng ngoại. Môi trường xung quanh, do có nhiệt độ cũng cao hơn 0 K nên cũng phát ra tia hồng ngoại. Thành thử, để phân biệt được tia hồng ngoại do vật phát ra, thì vật phải có nhiệt độ cao hơn môi trường. Vật có nhiệt độ càng thấp thì phát càng ít tia có bước sóng ngắn, mà chỉ phát các tia có bước sóng dài. Người có nhiệt độ 37°C, tức là 310 K cũng là một nguồn phát tia hồng ngoại, nhưng chỉ phát chủ yếu là các tia có bước sóng từ 9 μm trở lên.

Bếp ga, bếp than là những nguồn phát tia hồng ngoại dùng để đun nấu, sưởi ấm, sấy khô,... Để tạo những chùm tia hồng ngoại định hướng, dùng trong kĩ thuật, người ta thường dùng đèn điện dây tóc nhiệt độ thấp và đặc biệt là dùng điôt phát quang hồng ngoại.

2. Tính chất và công dụng

a) Tính chất nổi bật nhất của tia hồng ngoại là có tác dụng nhiệt rất mạnh. Tia hồng ngoại dễ bị các vật hấp thụ, năng lượng của nó chuyển hoá thành nhiệt năng khiến cho vật nóng lên. Do đó, trong các nhà máy ô tô, toa xe,... để sơn mau khô, người ta chiếu vào vật vừa sơn một chùm tia hồng ngoại có bước sóng thích hợp.

b) Tia hồng ngoại có khả năng gây ra một số phản ứng hoá học. Nhờ đó, người ta đã chế tạo được phim ảnh có thể chụp được tia hồng ngoại để chụp ảnh ban đêm, chụp ảnh hồng ngoại của nhiều thiên thể.

c) Tia hồng ngoại cũng có thể biến điệu được như sóng điện từ cao tần. Tính chất này cho phép ta chế tạo được những bộ điều khiển từ xa dùng tia hồng ngoại, rất gọn, nhẹ, để đứng từ xa mà đóng, mở ti vi, quạt, máy điều hoà nhiệt độ, máy đóng mở cửa nhà,...

d) Nhưng chính trong quân sự, tia hồng ngoại mới có nhiều ứng dụng đa dạng hơn cả : ống nhòm hồng ngoại để quan sát và lái xe ban đêm ; camêra hồng ngoại để chụp ảnh, quay phim ban đêm ; tên lửa tự động tìm mục tiêu dựa vào tia hồng ngoại do mục tiêu phát ra.

IV - TIA TỬ NGOẠI

1. Nguồn tia tử ngoại

Những vật có nhiệt độ cao (từ 2 000°C trở lên) đều phát tia tử ngoại. Nhiệt độ của vật càng cao thì phổ tử ngoại của vật càng kéo dài hơn về phía sóng ngắn. Hồ quang điện có nhiệt độ trên 3 000°C là một nguồn tử ngoại mạnh ; bề mặt của Mặt Trời có nhiệt độ chừng 6 000 K là nguồn tử ngoại còn mạnh hơn nữa.

Nguồn tử ngoại phổ biến trong các phòng thí nghiệm, nhà máy thực phẩm, bệnh viện... là đèn hơi thuỷ ngân.

2. Tính chất

Tia tử ngoại có nhiều tính chất đáng chú ý, quan trọng nhất là năm tính chất sau đây.

a) Tia tử ngoại tác dụng lên phim ảnh. Do đó, để nghiên cứu tia tử ngoại, người ta thường dùng phim ảnh.

b) Tia tử ngoại kích thích sự phát quang của nhiều chất, *ví dụ :* kẽm sunfua, cađimi sunfua. Tính chất này được áp dụng trong đèn huỳnh quang.

c) Tia tử ngoại kích thích nhiều phản ứng hoá học : *ví dụ :*

phản ứng tổng hợp hiđrô và clo, phản ứng biến đổi ôxi O_2 thành ôzôn O_3, phản ứng tổng hợp vitamin D.

d) Tia tử ngoại làm ion hoá không khí và nhiều chất khí khác. Cho một chùm tia tử ngoại qua lớp không khí giữa hai bản cực một tụ điện, thì tụ mất điện tích rất nhanh. Chiếu vào kim loại, tia tử ngoại còn gây tác dụng quang điện.

e) Tia tử ngoại có tác dụng sinh học : huỷ diệt tế bào da (do đó, làm cháy nắng), tế bào võng mạc, diệt khuẩn, nấm mốc,...

f) Tia tử ngoại bị nước, thủy tinh... hấp thụ rất mạnh nhưng lại có thể truyền qua được thạch anh. ☞

☞ Tại sao người thợ hàn hồ quang phải cần "mặt nạ" che mặt, mỗi khi cho phóng hồ quang ?

3. Sự hấp thụ tia tử ngoại

Thuỷ tinh thông thường, tuy trong suốt đối với ánh sáng khả kiến, nhưng hấp thụ mạnh các tia tử ngoại. Thạch anh, nước và không khí đều trong suốt đối với các tia có bước sóng trên 200 nm, và hấp thụ mạnh các tia có bước sóng ngắn hơn.

Tầng ôzôn hấp thụ hầu hết các tia có bước sóng dưới 300 nm và là "tấm áo giáp" bảo vệ cho người và sinh vật trên mặt đất khỏi tác dụng huỷ diệt của các tia tử ngoại của Mặt Trời.

4. Công dụng

Trong y học, tia tử ngoại được sử dụng để tiệt trùng các dụng cụ phẫu thuật, để chữa một số bệnh, *ví dụ* : bệnh còi xương.

Trong công nghiệp thực phẩm, tia tử ngoại được sử dụng để tiệt trùng cho thực phẩm trước khi đóng gói hoặc đóng hộp.

Trong công nghiệp cơ khí, tia tử ngoại được sử dụng để tìm vết nứt trên bề mặt các vật bằng kim loại. Xoa một lớp dung dịch phát quang lên trên mặt vật, cho chất đó ngấm vào kẽ nứt. Khi chiếu tia tử ngoại vào, những chỗ ấy sẽ sáng lên.

Bức xạ (hay tia) hồng ngoại là bức xạ mà mắt không trông thấy và ở ngoài vùng màu đỏ của quang phổ.

Bức xạ (hay tia) tử ngoại là bức xạ mà mắt không trông thấy và ở ngoài vùng màu tím của quang phổ.

Tia hồng ngoại và tia tử ngoại có cùng bản chất với ánh sáng thông thường và đều là sóng điện từ.

Tia hồng ngoại có bước sóng lớn hơn bước sóng ánh sáng đỏ, tia tử ngoại có bước sóng nhỏ hơn bước sóng ánh sáng tím.

- Vật có nhiệt độ cao hơn môi trường xung quanh thì phát bức xạ hồng ngoại ra môi trường. Nguồn hồng ngoại thông dụng là bóng đèn dây tóc, bếp ga, bếp than, điôt hồng ngoại.
- Tia hồng ngoại có tác dụng nhiệt, tác dụng hoá học. Tia hồng ngoại được ứng dụng để sưởi ấm, sấy khô, làm các bộ điều khiển từ xa, để quan sát, quay phim trong đêm,...
- Vật có nhiệt độ trên 2 000°C thì phát được tia tử ngoại, nhiệt độ của vật càng cao thì phổ tử ngoại của vật trải càng dài hơn về phía sóng ngắn.
- Tia tử ngoại tác dụng lên phim ảnh, kích thích sự phát quang của kẽm sunfua, kích thích nhiều phản ứng hoá học, làm ion hoá các chất khí, gây hiện tượng quang điện và có tác dụng sinh lí. Do tác dụng diệt khuẩn, tia tử ngoại được sử dụng để tiệt trùng thực phẩm, dụng cụ y tế.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Căn cứ vào đâu mà ta khẳng định được rằng tia hồng ngoại và tia tử ngoại có cùng bản chất với ánh sáng thông thường ?
2. Dựa vào thí nghiệm ở Hình 27.1 có thể kết luận gì về bước sóng của tia hồng ngoại và tia tử ngoại ?
3. Một cái phích tốt, chứa đầy nước sôi, có phải là một nguồn hồng ngoại không ? Một cái ấm trà chứa đầy nước sôi thì sao ?
4. Dây tóc bóng đèn điện thường có nhiệt độ chừng 2 200°C. Tại sao ngồi trong buồng chiếu sáng bằng đèn dây tóc, ta hoàn toàn không bị nguy hiểm vì tác dụng của tia tử ngoại ?
5. Ánh sáng đèn hơi thuỷ ngân để chiếu sáng các đường phố có tác dụng diệt khuẩn không ? Tại sao ?

▼

6. Chọn câu đúng.

   Tia hồng ngoại có

   A. bước sóng lớn hơn so với ánh sáng nhìn thấy.

   B. bước sóng nhỏ hơn so với ánh sáng nhìn thấy.

   C. bước sóng nhỏ hơn so với tia tử ngoại.

   D. tần số lớn hơn so với tia tử ngoại.

7. Chọn câu đúng.

   Tia tử ngoại

   A. không có tác dụng nhiệt.

   B. cũng có tác dụng nhiệt.

   C. không làm đen phim ảnh.

   D. làm đen phim ảnh, nhưng không làm đen mạnh bằng ánh sáng nhìn thấy.

8. Giả sử ta làm thí nghiệm Y-âng với hai khe cách nhau một khoảng $a = 2$ mm, và màn quan sát cách hai khe $D = 1,2$ m. Dịch chuyển một mối hàn của cặp nhiệt điện trên màn D theo một đường vuông góc với hai khe, thì thấy cứ sau 0,5 mm thì kim điện kế lại lệch nhiều nhất. Tính bước sóng của bức xạ.
9. Trong một thí nghiệm Y-âng, hai khe F_1, F_2 cách nhau một khoảng $a = 0,8$ mm, khe F được chiếu sáng bằng bức xạ tử ngoại, bước sóng 360 nm. Một tấm giấy ảnh đặt song song với hai khe, cách chúng 1,2 m. Hỏi sau khi tráng trên giấy hiện lên hình gì ? Tính khoảng cách giữa hai vạch đen trên giấy.

28 TIA X

Chiếu điện, chụp điện (còn gọi là chiếu, chụp *X* quang) hiện nay là một công việc phổ biến trong các bệnh viện, giúp cho việc chẩn đoán một số bệnh về tim, mạch, phổi, dạ dày, tìm các vết xương gãy, các mảnh kim loại găm trong người,... Nhà vật lí người Đức Rơn-ghen người khám phá ra tia *X*, là người đầu tiên trong lịch sử được trao tặng giải Nô-ben về Vật lí.

I - PHÁT HIỆN TIA *X*

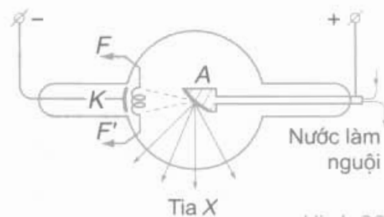
Năm 1895, khi cho một ống phóng tia catôt hoạt động, Rơn-ghen nhận thấy rằng, từ vỏ thuỷ tinh đối diện với catôt có một bức xạ được phóng ra. Bức xạ này, mắt không trông thấy nhưng lại làm đen một tấm kính ảnh, mà ông vẫn gói kín và đặt trong hộp. Không hiểu rõ bản chất của tia này, nên ông tạm gọi nó là tia *X*, sau này ta còn gọi nó là tia Rơn-ghen.

Từ các thí nghiệm của mình, Rơn-ghen đã rút ra được kết luận :

Mỗi khi một chùm tia catôt – tức là một chùm êlectron có năng lượng lớn – đập vào một vật rắn thì vật đó phát ra tia X.

II - CÁCH TẠO TIA *X*

Để tạo tia *X*, người ta dùng ống Cu-lít-giơ.



Hình 28.1

Ống Cu-lít-giơ là một ống thuỷ tinh (H.28.1) bên trong là chân không, gồm một dây nung bằng vonfam *FF'* dùng làm nguồn êlectron và hai điện cực :

– Một catôt *K*, bằng kim loại, hình chỏm cầu để làm cho các êlectron phóng ra từ *FF'*, đều hội tụ vào anôt *A*.

– Một anôt *A* làm bằng kim loại có khối lượng nguyên tử lớn và điểm nóng chảy cao, được làm nguội bằng một dòng nước khi ống hoạt động.

Chỉ có một số ít êlectron (chưa tới 1%) có tác dụng tạo tia X, phần còn lại (trên 99%) khi đập vào anôt chỉ có tác dụng làm nóng anôt. Do đó, anôt nóng lên rất nhanh và phải được làm nguội bằng một dòng nước.

Dây *FF'* được nung nóng bằng một dòng điện. Người ta đặt giữa anôt và catôt một hiệu điện thế cỡ vài chục kilôvôn. Các êlectron bay ra từ dây nung *FF'* sẽ chuyển động trong điện trường mạnh giữa anôt và catôt đến đập vào *A* và làm cho *A* phát ra tia *X*.

III - BẢN CHẤT VÀ TÍNH CHẤT CỦA TIA *X*

1. Bản chất

Nhà vật lí người Đức Phôn Lau-ê, bằng những thí nghiệm tinh vi đã chứng minh được tính chất sóng của tia *X*, và sự đồng nhất về bản chất của nó với tia tử ngoại. Lau-ê đã cho thấy rằng, tia *X* chỉ khác tia tử ngoại ở chỗ có bước sóng nhỏ hơn rất nhiều.

Nhiều thí nghiệm khác đã khẳng định, tia *X* là sóng điện từ có bước sóng nằm trong khoảng từ 10^{-11} m đến 10^{-8} m (10 nm).

2. Tính chất

a) Tính chất nổi bật và quan trọng nhất của tia *X* là *khả năng đâm xuyên*. Nó dễ dàng đi qua các vật không trong suốt đối với ánh sáng thông thường như gỗ, giấy, vải, các mô mềm như thịt, da. Đối với các mô cứng và kim loại thì nó đi qua khó hơn, và kim loại có nguyên tử lượng càng lớn thì tia *X* càng khó xuyên qua. Chẳng hạn, một chùm tia *X* có thể đi qua một tấm nhôm dày vài xentimét, nhưng lại bị chặn bởi một tấm chì dày vài milimét. Vì vậy, chì thường được dùng làm tấm chắn bảo vệ cho người sử dụng tia *X*.

Tia *X* có bước sóng càng ngắn thì khả năng đâm xuyên càng lớn ; ta nói là nó *càng cứng*.

b) Tia *X* làm đen kính ảnh nên trong y tế, người ta thường chụp điện thay cho quan sát trực tiếp bằng mắt.

c) Tia *X* làm phát quang một số chất ; *ví dụ :* platinô – xianua – bari. Vì vậy, chất này được dùng làm màn quan sát khi chiếu điện.

d) Tia *X* làm ion hoá không khí. Đo mức độ ion hoá của không khí có thể suy ra được liều lượng tia *X*. Rọi vào các vật đặc biệt là kim loại, tia *X* cũng bứt được êlectron ra khỏi vật.

e) Tia *X* có tác dụng sinh lí : nó huỷ diệt tế bào. Vì vậy người ta dùng tia *X* để chữa trị ung thư nông.

Tóm lại, tia *X* có đủ các tính chất của tia tử ngoại. Đó là bằng chứng về sự đồng nhất về bản chất giữa hai loại tia ấy.

3. Công dụng

Ngoài các công dụng về chẩn đoán và chữa trị một số bệnh trong y học, tia *X* còn được sử dụng trong công nghiệp để tìm khuyết tật trong các vật đúc bằng kim loại và trong các tinh thể ; sử dụng trong giao thông để kiểm tra hành lí của hành khách đi máy bay ; sử dụng trong các phòng thí nghiệm để nghiên cứu thành phần và cấu trúc của các vật rắn.

IV - THANG SÓNG ĐIỆN TỪ

Sự đồng nhất giữa sóng điện từ và sóng ánh sáng. Sóng điện từ và sóng ánh sáng cùng truyền được trong chân không với tốc độ c. Sóng điện từ cũng truyền thẳng, cũng phản xạ trên các mặt kim loại, cũng khúc xạ không khác gì ánh sáng thông thường. Sóng điện từ cũng giao thoa và tạo được sóng dừng, nghĩa là, sóng điện từ có đủ mọi tính chất đã biết của sóng ánh sáng.

Ngày nay, người ta đã tạo ra và sử dụng được các sóng điện từ có bước sóng từ một vài kilômét tới xentimét, thậm chí tới milimét, thành thử giữa hai miền hồng ngoại và sóng vô tuyến cao tần không có ranh giới rõ rệt.

Trong sự phân rã hạt nhân của một số nguyên tử, có một loại tia được phóng ra, có những tính chất giống như tia *X*, nhưng có khả năng xuyên mạnh hơn : đó là tia gamma. Tia gamma, như vậy, có cùng bản chất với tia *X*, nhưng có bước sóng ngắn hơn (dưới 10^{-11} m).

Như vậy sóng vô tuyến, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia X và tia gamma, đều có cùng bản chất, cùng là sóng điện từ, chỉ khác nhau về tần số (hay bước sóng). Các sóng này tạo thành một phổ liên tục gọi là *thang sóng điện từ.*

Sự khác nhau về tần số (hay bước sóng) của các loại sóng điện từ đã dẫn đến sự khác nhau về tính chất và tác dụng của chúng.

Toàn bộ phổ sóng điện từ, từ sóng dài nhất (hàng chục kilômét) đến sóng ngắn nhất (cỡ $10^{-12} \div 10^{-15}$ m) đã được khám phá và sử dụng.

Khi chùm êlectron nhanh (tức là có năng lượng lớn) đập vào một vật rắn thì vật đó phát ra tia X.

Tia X là sóng điện từ có bước sóng từ 10^{-11} m đến 10^{-8} m.

Tia X có khả năng đâm xuyên mạnh, có tác dụng làm đen kính ảnh, làm phát quang một số chất, làm ion hoá không khí và huỷ diệt tế bào.

Sóng điện từ, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại và tia X đều có bản chất là sóng điện từ, nhưng chúng có những tính chất và tác dụng khác nhau.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Tia X là gì ?

2. Trình bày cấu tạo và hoạt động của ống Cu-lít-giơ.

3. Nêu các tính chất và tác dụng của tia X.

4. Nêu tên các sóng hoặc tia trong thang sóng điện từ theo thứ tự từ bước sóng ngắn đến bước sóng dài.

5. Chọn câu đúng.

Tia X có bước sóng

A. lớn hơn tia hồng ngoại.

B. lớn hơn tia tử ngoại.

C. nhỏ hơn tia tử ngoại.

D. không thể đo được.

6. Hiệu điện thế giữa anôt và catôt của một ống Cu-lít-giơ là 10 kV. Tính tốc độ và động năng cực đại của các êlectron, khi đập vào anôt.

Cho biết khối lượng và điện tích của êlectron : $m_e = 9,1.10^{-31}$ kg ; $-e = -1,6.10^{-19}$ C.

7. Một ống Cu-lít-giơ có công suất 400 W, hiệu điện thế giữa anôt và catôt có giá trị 10 kV. Hãy tính :

a) Cường độ dòng điện và số êlectron qua ống trong mỗi giây.

b) Nhiệt lượng toả ra trên anôt trong mỗi phút.

29 THỰC HÀNH : ĐO BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIAO THOA



I - MỤC ĐÍCH

1. Quan sát hệ vân giao thoa tạo bởi khe Y-âng, sử dụng chùm sáng laze.

2. Đo bước sóng ánh sáng.

II - DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

– Nguồn phát tia laze $(1 \div 5$ mW).

– Khe Y-âng : một màn chắn có hai khe hẹp song song, độ rộng mỗi khe bằng 0,05 mm hoặc 0,1 mm, khoảng cách *a* giữa hai khe cho biết trước.

– Thước cuộn 3 000 mm.

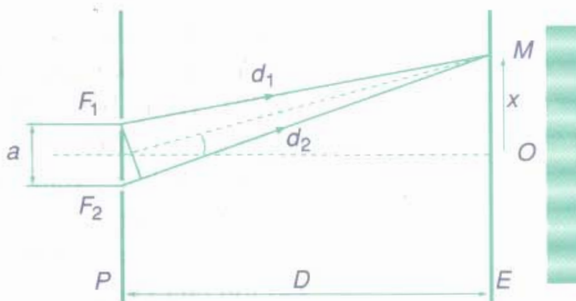
– Thước kẹp $0 \div 150$ mm, độ chia nhỏ nhất 0,02 hoặc 0,05 mm.

– Giá thí nghiệm.

– Một tờ giấy trắng.

III - CƠ SỞ LÍ THUYẾT

Tia laze là một chùm sáng song song, đơn sắc. Khi chiếu chùm tia laze vuông góc với màn chắn *P* có hai khe hẹp song song F_1, F_2 (Hình 29.1), F_1, F_2 trở thành hai nguồn kết hợp phát sóng ánh sáng về phía trước. Cách *P* một khoảng *D*, ta đặt màn quan sát *E* song song với *P*.



Hình 29.1

Các sóng ánh sáng từ F_1, F_2 gặp nhau sẽ giao thoa với nhau, trên màn E xuất hiện hệ vân màu gồm những dải sáng tối xen kẽ. Khoảng vân i (khoảng cách giữa hai vân sáng, hoặc hai vân tối liên tiếp) liên hệ với a, D và bước sóng λ theo công thức :

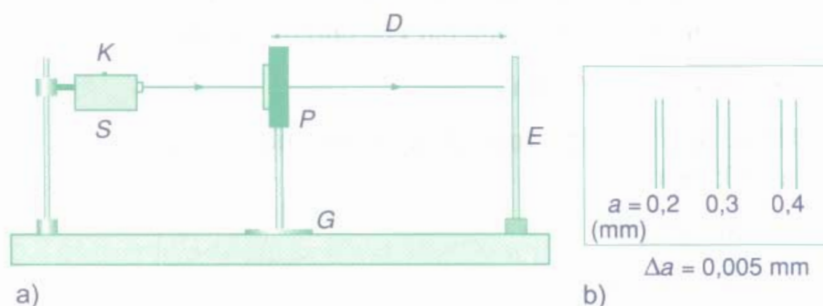
$$i = \lambda \frac{D}{a} \quad (1)$$

Nếu khoảng cách a giữa hai khe cho biết trước (hoặc có thể đo bằng kính hiển vi), đo khoảng cách D và khoảng vân i, ta tính được bước sóng λ của tia laze.

IV - TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

1. Bộ dụng cụ khảo sát giao thoa qua khe Y-âng dùng tia laze (Hình 29.2a)

– Bộ dụng cụ gồm một nguồn phát tia laze S (có thể dùng một laze bán dẫn) phát ra tia sáng laze màu đỏ, chiếu vuông góc vào mặt phẳng màn chắn P. Cả hai được lắp trên một giá đỡ có các vít hãm có thể điều chỉnh được.



Hình 29.2 a) Bộ dụng cụ khảo sát giao thoa qua khe Y-âng dùng tia laze.
b) Hệ ba khe Y-âng trên màn chắn P.

– Để nghiên cứu ảnh hưởng của khoảng cách a, trên P có ba hệ khe Y-âng có khoảng cách a khác nhau 0,2 ; 0,3 ; 0,4 mm (Hình 29.2b). Trong bài thí nghiệm này, ta có thể tuỳ chọn một trong ba hệ khe nói trên. Khoảng cách a giữa hai khe được ghi ngay ở vị trí dưới khe. Màn quan sát E là một tờ giấy trắng dán lên tường hoặc dán lên một bảng màn ảnh có chân, đặt trên mặt bàn, song song với mặt phẳng P và cách P một khoảng $D = 1{,}5 \div 2$ m. Độ lớn của khoảng vân i đo bằng thước cặp, còn khoảng cách D đo bằng thước milimét.

2. Tìm vân giao thoa

Cắm phích điện của bộ nguồn phát laze S vào ổ điện xoay chiều ~220 V. Bật công tắc K, ta nhận được chùm tia laze màu đỏ.

– Điều chỉnh vị trí màn chắn P sao cho chùm tia laze chiếu thẳng góc đúng vào hệ khe Y-âng đã chọn.

– Màn quan sát E đặt cách P khoảng 1,5 đến 2 m. Điều chỉnh, dịch chuyển giá đỡ G sao cho chùm tia laze chiếu đúng vào màn E và vuông góc với màn. Quan sát hệ vân giao thoa xuất hiện trên màn.

– *Quan sát và nhận xét*

+ Vân sáng nào là vân sáng giữa ?

+ Các vân giao thoa phân bố trên màn E cách đều nhau hay không ? Ảnh hưởng của vị trí đặt màn E (gần, xa, song song hoặc không song song với màn chắn P) đến hệ vân giao thoa như thế nào ? Giải thích.

3. Xác định bước sóng của chùm tia laze

– Dùng thước 3 000 milimét đo (5 lần) khoảng cách D từ màn chắn P (chứa khe Y-âng) đến màn quan sát E, ghi kết quả vào Bảng 1.

– Đánh dấu vị trí của các vân sáng trên tờ giấy trắng (màn E) phân bố trên n khoảng vân, n tuỳ chọn từ 2 đến 6 (Hình 29.3). Dùng thước cặp đo (5 lần) khoảng cách L giữa hai vân sáng đã được đánh dấu ở ngoài cùng, ghi vào Bảng 1.



Hình 29.3
Đánh dấu và đo khoảng cách giữa 6 khoảng vân giao thoa trên màn E.

– Khoảng vân i : $i = \dfrac{L}{n}$ (mm)

– Bước sóng của chùm laze được tính theo công thức :

$$\lambda = \frac{ia}{D} = \frac{aL}{Dn} \qquad (2)$$

– Tắt công tắc K, rút phích điện của nguồn laze ra khỏi ổ cắm điện. Kết thúc thí nghiệm.

BÁO CÁO THỰC HÀNH

ĐO BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIAO THOA

Họ và tên : .... ; Lớp : .... ; Tổ : ....

Ngày làm thực hành : ....

I - MỤC ĐÍCH THỰC HÀNH

....

II - TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. Hiện tượng giao thoa ánh sáng là gì ?

2. Điều kiện giao thoa của hai sóng ánh sáng là gì ?

3. Công thức tính khoảng vân và công thức xác định bước sóng ánh sáng trong trường hợp giao thoa của hai sóng ánh sáng đơn sắc tạo bởi khe Y-âng là như thế nào ?

III - KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Xác định bước sóng của chùm tia laze

Bảng 1

– Khoảng cách giữa hai khe hở hẹp F_1, F_2 : a = ...±........ (mm)

– Độ chính xác của thước milimét : Δ = ... (mm)

– Độ chính xác của thước cặp : Δ' = ... (mm)

– Số khoảng vân sáng đánh dấu : n = ...

Lần đo	D	ΔD	L (mm)	ΔL (mm)
1				
2				
3				
4				
5				
Trung bình				

a) Tính giá trị trung bình của bước sóng λ :

$$\overline{\lambda} = \frac{\overline{a}\,\overline{L}}{n\overline{D}} = \dots\dots\dots\dots\dots\dots = \dots\dots\dots\dots$$

b) Tính sai số tỉ đối của bước sóng λ :

$$\delta = \frac{\Delta\lambda}{\overline{\lambda}} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta L}{\overline{L}} + \frac{\Delta D}{\overline{D}} = \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

Trong đó :

$\Delta L = \overline{\Delta L} + \Delta'$ là sai số tuyệt đối của phép đo độ rộng của n khoảng vân, dùng thước cặp.

$\Delta D = \overline{\Delta D} + \Delta$ là sai số tuyệt đối của phép đo khoảng cách giữa màn chắn P và màn quan sát E, dùng thước milimét.

c) Tính sai số tuyệt đối trung bình của bước sóng λ :

$$\Delta\lambda = \delta\overline{\lambda} = \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots = \dots\dots\dots\dots$$

d) Viết kết quả đo của bước sóng λ :

$$\lambda = \overline{\lambda} \pm \Delta\lambda = \dots\dots\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots\dots\dots$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

?

1. Vì sao phải điều chỉnh màn chắn P và giá đỡ G để chùm tia laze chiếu vuông góc với màn chắn P và màn quan sát E ?

2. Cho chùm sáng laze có bước sóng $\lambda = 0{,}65\ \mu m$. Khoảng cách từ màn chắn P đến màn quan sát E bằng 2 m. Để tạo ra hệ vân giao thoa có khoảng vân $i = 1{,}3$ mm thì khoảng cách a giữa hai khe hẹp phải chọn bằng bao nhiêu ?

3. Vì sao khi đo khoảng vân i bằng thước cặp, ta lại phải đo khoảng cách giữa n vân mà không đo khoảng cách giữa hai vân kề nhau ?

4. Hệ vân giao thoa sẽ thay đổi thế nào, nếu :

a) Thay nguồn sáng laze màu đỏ bằng nguồn sáng laze màu xanh ?

b) S là một nguồn sáng trắng ?

Tổng kết chương V — Sóng ánh sáng

1. Hai thí nghiệm Niu-tơn cho thấy rằng có hai loại ánh sáng : đơn sắc và phức tạp, và bất kì một chùm ánh sáng phức tạp nào (ví dụ : ánh sáng trắng) cũng là hỗn hợp của nhiều chùm sáng đơn sắc (có thể có màu rất khác nhau).

2. Thí nghiệm Y-âng lại cho thấy rằng, ánh sáng có bản chất sóng và thí nghiệm ấy cũng giúp ta xác định được bước sóng của ánh sáng.

Kết quả các phép đo cho thấy rằng, mỗi ánh sáng đơn sắc – còn gọi là bức xạ đơn sắc – ứng với một bước sóng hoàn toàn xác định.

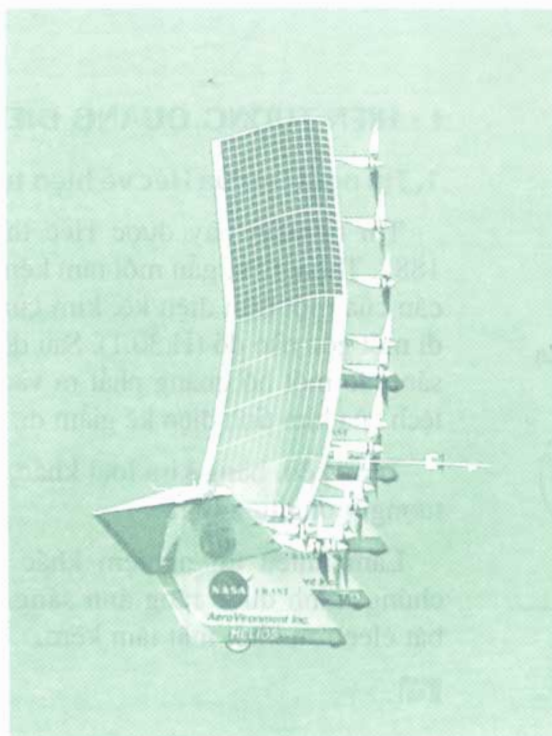
Bức xạ có bước sóng lớn nhất mà mắt còn nhìn thấy được là bức xạ màu đỏ, với bước sóng chừng 760 nm, và bức xạ có bước sóng nhỏ nhất mà mắt còn nhìn thấy là bức xạ màu tím, với bước sóng chừng 380 nm. Bước sóng của các bức xạ màu da cam, vàng, lục... đều nằm trong khoảng từ 380 nm đến 760 nm nói trên.

3. Tia hồng ngoại và tia tử ngoại cũng là sóng điện từ, nhưng mắt không nhìn thấy.

4. Tia *X*, còn gọi là tia Rơn-ghen, cũng là sóng điện từ nhưng có bước sóng còn ngắn hơn cả tia tử ngoại. Tính chất quan trọng nhất của tia *X* là đi qua được những chất không trong suốt thông thường, như vải, gỗ, giấy, thịt, da... Do đó, tia *X* được sử dụng trong chiếu điện, chụp điện.

5. Sóng vô tuyến, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia *X* và tia gamma đều có cùng bản chất, cùng là sóng điện từ, chỉ khác nhau về tần số (hay bước sóng).

CHƯƠNG VI
Lượng tử ánh sáng

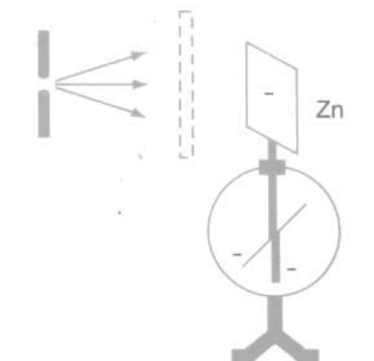


Máy bay chạy bằng pin Mặt Trời đang bay thử nghiệm trên Thái Bình Dương.

- Hiện tượng quang điện.
- Giả thuyết Plăng. Lượng tử năng lượng.
- Thuyết lượng tử ánh sáng. Phôtôn.
- Hiện tượng quang điện trong. Quang điện trở. Pin quang điện.
- Hiện tượng quang – phát quang.
- Hai tiên đề của Bo về cấu tạo nguyên tử.
- Laze.

30 HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

Có thể làm cho các êlectron bật ra khỏi mặt một tấm kim loại bằng cách nung nóng nó (hiện tượng phát xạ nhiệt êlectron) hoặc dùng các ion để bắn phá nó (hiện tượng phóng điện ẩn). Còn có cách nào khác làm cho các êlectron bật ra khỏi mặt một tấm kim loại không ?



Hình 30.1

 Nếu làm thí nghiệm với tấm kẽm tích điện dương thì góc lệch của kim tĩnh điện kế sẽ không bị thay đổi khi chiếu vào tấm kẽm bằng ánh sáng hồ quang. Tại sao ?

I - HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

1. Thí nghiệm của Héc về hiện tượng quang điện

Thí nghiệm này được Héc thực hiện vào năm 1887. Thoạt tiên, gắn một tấm kẽm tích điện âm vào cần của một tĩnh điện kế, kim của tĩnh điện kế lệch đi một góc nào đó (H.30.1). Sau đó, chiếu một chùm sáng do một hồ quang phát ra vào tấm kẽm thì góc lệch của kim tĩnh điện kế giảm đi.

Thay kẽm bằng kim loại khác, ta cũng thấy hiện tượng tương tự xảy ra.

Làm nhiều thí nghiệm khác nữa, người ta đã chứng minh được rằng ánh sáng hồ quang đã làm bật êlectron khỏi mặt tấm kẽm.

C1

2. Định nghĩa

Hiện tượng ánh sáng làm bật các êlectron ra khỏi mặt kim loại gọi là hiện tượng quang điện (ngoài).

3. Nếu chắn chùm sáng hồ quang bằng một tấm thuỷ tinh dày thì hiện tượng trên sẽ không xảy ra. Vì thuỷ tinh hấp thụ rất mạnh các tia tử ngoại, nên hiện tượng trên chứng tỏ rằng bức xạ tử ngoại có khả năng gây ra hiện tượng quang điện ở kẽm, còn ánh sáng nhìn thấy được thì không.

II - ĐỊNH LUẬT VỀ GIỚI HẠN QUANG ĐIỆN

Dùng tấm lọc màu để lọc lấy một ánh sáng đơn sắc nhất định, rồi cho chiếu vào mặt tấm kim loại, xem có xảy ra hiện tượng quang điện không. Người ta thấy, đối với mỗi kim loại, ánh sáng chiếu vào nó (gọi là ánh sáng kích thích) phải có bước sóng λ không lớn hơn một giá trị λ_0 nào đó ($\lambda \leq \lambda_0$) thì hiện tượng quang điện mới xảy ra. Bước sóng λ_0 gọi là *giới hạn quang điện* của kim loại đã cho.

Ta có định luật về giới hạn quang điện sau đây :

Đối với mỗi kim loại, ánh sáng kích thích phải có bước sóng λ ngắn hơn hay bằng giới hạn quang điện λ_0 của kim loại đó, mới gây ra được hiện tượng quang điện.

Giới hạn quang điện của mỗi kim loại là đặc trưng riêng của kim loại đó.

Dùng thuyết sóng điện từ về ánh sáng, ta không thể giải thích được định luật về giới hạn quang điện. Đó là vì, theo thuyết này, khi sóng điện từ lan truyền đến kim loại thì điện trường trong sóng sẽ làm cho các êlectron trong kim loại dao động. Nếu cường độ điện trường đủ lớn, tức là cường độ ánh sáng kích thích đủ mạnh, thì êlectron có thể bị bật ra, bất kể bước sóng của sóng điện từ đó là bao nhiêu.

Định luật về giới hạn quang điện chỉ có thể giải thích được bằng thuyết lượng tử ánh sáng.

Bảng 30.1

Giá trị giới hạn quang điện λ_0 của một số kim loại

Chất	λ_0 (μm)	Chất	λ_0 (μm)
Bạc	0,26	Canxi	0,45
Đồng	0,30	Natri	0,50
Kẽm	0,35	Kali	0,55
Nhôm	0,36	Xesi	0,66

III - THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

1. Giả thuyết Plăng

Khi nghiên cứu bằng thực nghiệm quang phổ của các nguồn sáng, người ta đã thu được những kết quả không thể giải thích được bằng các lí thuyết cổ điển. Để giải quyết những khó khăn này, Plăng cho rằng vấn đề mấu chốt nằm ở quan niệm không đúng về sự trao đổi năng lượng giữa các nguyên tử và phân tử.



Mác Plăng (Max Planck, 1858 - 1947) là nhà vật lí người Đức, giải Nô-ben năm 1918, người đã đặt nền móng cho một trong hai học thuyết vật lí lớn : Thuyết lượng tử.

C2 Nêu sự khác biệt giữa giả thuyết Plăng với quan niệm thông thường về sự phát xạ và hấp thụ năng lượng.

Năm 1900, Plăng đề ra giả thuyết sau đây :

Lượng năng lượng mà mỗi lần một nguyên tử hay phân tử hấp thụ hay phát xạ có giá trị hoàn toàn xác định và bằng hf ; trong đó f là tần số của ánh sáng bị hấp thụ hay được phát ra ; còn h là một hằng số.

Giả thuyết Plăng đã được rất nhiều sự kiện thực nghiệm xác nhận là đúng. C2

2. Lượng tử năng lượng

Lượng năng lượng nói ở trên gọi là *lượng tử năng lượng* và được kí hiệu bằng chữ ε :

$$\varepsilon = hf \tag{30.1}$$

h gọi là *hằng số Plăng* và được xác định bằng thực nghiệm :

$$h = 6{,}625.10^{-34} \text{ J.s.}$$

3. Thuyết lượng tử ánh sáng

Năm 1905, dựa vào giả thuyết Plăng để giải thích các định luật quang điện, Anh-xtanh đã đề ra thuyết lượng tử ánh sáng, hay thuyết phôtôn. Nội dung thuyết đó như sau :

a) Ánh sáng được tạo thành bởi các hạt gọi là phôtôn.

b) Với mỗi ánh sáng đơn sắc có tần số f, các phôtôn đều giống nhau, mỗi phôtôn mang năng lượng bằng hf.

c) Trong chân không, phôtôn bay với tốc độ $c = 3.10^8$ m/s dọc theo các tia sáng.

d) Mỗi lần một nguyên tử hay phân tử phát xạ hoặc hấp thụ ánh sáng thì chúng phát ra hay hấp thụ một phôtôn.

Phôtôn chỉ tồn tại trong trạng thái chuyển động. Không có phôtôn đứng yên.

4. Giải thích định luật về giới hạn quang điện bằng thuyết lượng tử ánh sáng

Anh-xtanh cho rằng hiện tượng quang điện xảy ra do sự hấp thụ phôtôn của ánh sáng kích thích bởi êlectron trong kim loại. Mỗi phôtôn bị hấp thụ sẽ truyền toàn bộ năng lượng của nó cho một êlectron. Muốn cho êlectron bứt ra khỏi mặt kim loại phải cung cấp cho nó một công để "thắng" các liên kết. Công này gọi

là *công thoát* (A). Như vậy, muốn cho hiện tượng quang điện xảy ra thì năng lượng của phôtôn ánh sáng kích thích phải lớn hơn hoặc bằng công thoát :

$$hf \geq A \qquad \text{hay} \qquad h\frac{c}{\lambda} \geq A$$

Từ đó suy ra : $\lambda \leq \dfrac{hc}{A}$

Đặt
$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} \qquad (30.2)$$

ta có :
$$\lambda \leq \lambda_0 \qquad (30.3)$$

λ_0 chính là giới hạn quang điện của kim loại và hệ thức (30.3) phản ánh định luật về giới hạn quang điện.



An-be Anh-xtanh (Albert Einstein, 1879 -1955) là nhà vật lí người Đức, người đề xướng ra thuyết tương đối và thuyết lượng tử ánh sáng. Giải Nô-ben năm 1921 về công trình giải thích các định luật quang điện.

IV - LƯỠNG TÍNH SÓNG - HẠT CỦA ÁNH SÁNG

Có nhiều hiện tượng quang học chứng tỏ rằng ánh sáng có tính chất sóng ; lại cũng có nhiều hiện tượng quang học khác chứng tỏ ánh sáng có tính chất hạt. Điều đó cho thấy ánh sáng vừa có tính chất sóng, vừa có tính chất hạt : *ánh sáng có lưỡng tính sóng – hạt*.

Chú ý rằng dù tính chất nào của ánh sáng thể hiện ra thì *ánh sáng vẫn có bản chất điện từ.*

Hiện tượng ánh sáng làm bật êlectron ra khỏi mặt kim loại gọi là hiện tượng quang điện.

Định luật về giới hạn quang điện : Ánh sáng kích thích chỉ có thể làm bật êlectron ra khỏi một kim loại khi bước sóng của nó ngắn hơn hoặc bằng giới hạn quang điện của kim loại đó.

Giả thuyết Plăng : Lượng năng lượng mà mỗi lần một nguyên tử hay phân tử hấp thụ hay phát xạ có giá trị hoàn toàn xác định và bằng hf ; trong đó f là tần số của ánh sáng bị hấp thụ hay được phát ra, còn h là một hằng số.

Thuyết lượng tử ánh sáng :

– Ánh sáng được tạo thành bởi các hạt gọi là phôtôn.

– Với mỗi ánh sáng đơn sắc có tần số f, các phôtôn đều giống nhau, mỗi phôtôn mang năng lượng bằng hf.

– Trong chân không, phôtôn bay với tốc độ $c = 3.10^8$ m/s dọc theo các tia sáng.

– Mỗi lần một nguyên tử hay phân tử phát xạ hoặc hấp thụ ánh sáng thì chúng phát ra hay hấp thụ một phôtôn.

Hiện tượng quang điện xảy ra do có sự hấp thụ phôtôn trong ánh sáng kích thích bởi êlectron trong kim loại.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày thí nghiệm Héc về hiện tượng quang điện.
2. Hiện tượng quang điện là gì ?
3. Phát biểu định luật về giới hạn quang điện.
4. Phát biểu nội dung của giả thuyết Plăng.
5. Lượng tử năng lượng là gì ?
6. Phát biểu nội dung của thuyết lượng tử ánh sáng.
7. Phôtôn là gì ?
8. Giải thích định luật về giới hạn quang điện bằng thuyết phôtôn.

9. Hiện tượng nào dưới đây là hiện tượng quang điện ?

   A. Êlectron bứt ra khỏi kim loại bị nung nóng.

   B. Êlectron bật ra khỏi kim loại khi có ion đập vào.

   C. Êlectron bị bật ra khỏi một nguyên tử khi va chạm với một nguyên tử khác.

   D. Êlectron bị bật ra khỏi mặt kim loại khi bị chiếu sáng.

Dựa vào Bảng 30.1 để trả lời câu 10 và 11.

10. Chọn câu đúng.

    Chiếu một ánh sáng đơn sắc vào mặt một tấm đồng. Hiện tượng quang điện sẽ **không** xảy ra nếu ánh sáng có bước sóng

    A. 0,1 μm. B. 0,2 μm.

    C. 0,3 μm. D. 0,4 μm.

11. Ánh sáng có bước sóng 0,60 μm có thể gây ra hiện tượng quang điện ở chất nào dưới đây ?

    A. Xesi. B. Kali.

    C. Natri. D. Canxi.

12. Tính lượng tử năng lượng của các ánh sáng đỏ (0,75 μm) và vàng (0,55 μm).
13. Giới hạn quang điện của kẽm là 0,35 μm. Tính công thoát của êlectron khỏi kẽm theo đơn vị jun và eV.

    Cho 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J.

31 HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN TRONG

Ngày nay, hiện tượng quang điện trong hầu như đã hoàn toàn thay thế hiện tượng quang điện ngoài mà ta học ở bài trên trong những ứng dụng thực tế. Vậy hiện tượng quang điện trong là gì ?

I - CHẤT QUANG DẪN VÀ HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN TRONG

1. Chất quang dẫn

Một số chất bán dẫn như Ge, Si, PbS, PbSe, PbTe, CdS, CdSe, CdTe,... có tính chất đặc biệt sau đây : *Chúng là chất dẫn điện kém khi không bị chiếu sáng và trở thành chất dẫn điện tốt khi bị chiếu ánh sáng thích hợp*. Các chất này gọi là *chất quang dẫn*.

2. Hiện tượng quang điện trong

Dựa vào thuyết lượng tử ánh sáng, ta có thể giải thích đặc tính của các chất quang dẫn như sau : Khi không bị chiếu sáng, các êlectron ở trong các chất quang dẫn đều ở trong trạng thái liên kết với các nút mạng tinh thể. Hầu như không có êlectron tự do. Khi đó các chất nói trên là chất dẫn điện kém.

Khi bị chiếu sáng, mỗi phôtôn của ánh sáng kích thích sẽ truyền toàn bộ năng lượng của nó cho một êlectron liên kết. Nếu năng lượng mà êlectron nhận được đủ lớn thì êlectron đó có thể được giải phóng khỏi mối liên kết để trở thành êlectron dẫn và tham gia vào quá trình dẫn điện. Mặt khác, khi êlectron liên kết được giải phóng thì nó sẽ để lại một lỗ trống. Lỗ trống này cũng tham gia vào quá trình dẫn điện. Kết quả là khối chất nói trên trở thành chất dẫn điện tốt.

Hiện tượng ánh sáng giải phóng các êlectron liên kết để cho chúng trở thành các êlectron dẫn đồng thời tạo ra các lỗ trống cùng tham gia vào quá trình dẫn điện, gọi là hiện tượng quang điện trong.

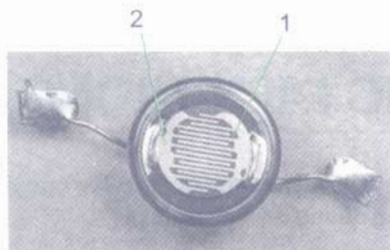
C1

Bảng 31.1
Năng lượng kích hoạt và giới hạn quang dẫn của một số chất.

Chất	A (eV)	λ_0 (µm)
Ge	0,66	1,88
Si	1,12	1,11
PbS	0,30	4,14
PbSe	0,22	5,65
PbTe	0,25	4,97
CdS	0,72	0,90
CdTe	1,51	0,82

Năng lượng kích hoạt là năng lượng cần thiết để giải phóng một êlectron liên kết thành êlectron dẫn.

C1 So sánh độ lớn của giới hạn quang dẫn với độ lớn của giới hạn quang điện và đưa ra nhận xét.



Hình 31.1

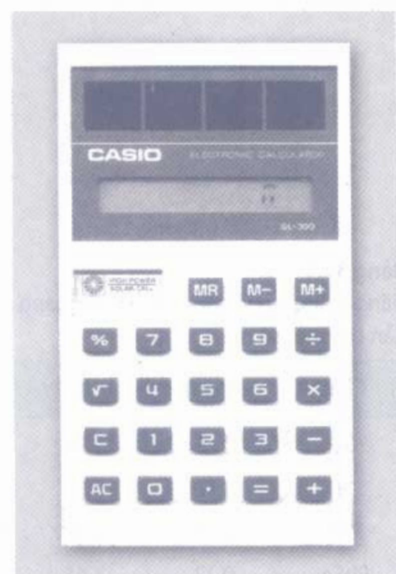
1. Sợi dây bằng chất quang dẫn
2. Đế cách điện

Hiện tượng quang điện trong được ứng dụng trong quang điện trở và pin quang điện.

II - QUANG ĐIỆN TRỞ

Quang điện trở là một điện trở làm bằng chất quang dẫn. Nó có cấu tạo gồm một sợi dây bằng chất quang dẫn gắn trên một đế cách điện (H.31.1).

Điện trở của quang điện trở có thể thay đổi từ vài mêgaôm khi không được chiếu sáng xuống đến vài chục ôm khi được chiếu ánh sáng thích hợp.



Hình 31.2

Bốn ô vuông ở góc trên của máy tính là bốn pin quang điện, chúng được mắc nối tiếp với nhau.

III - PIN QUANG ĐIỆN

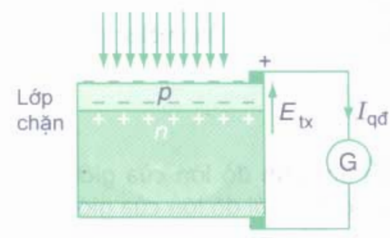
1. Pin quang điện (còn gọi là pin Mặt Trời) là một nguồn điện chạy bằng năng lượng ánh sáng. Nó biến đổi trực tiếp quang năng thành điện năng (H.31.2).

2. Hiệu suất của các pin quang điện chỉ vào khoảng trên dưới 10%.

3. Ta xét cấu tạo và hoạt động của pin quang điện.

a) Pin có một tấm bán dẫn loại *n*, bên trên có phủ một lớp mỏng bán dẫn loại *p* (H.31.3). Có thể tạo ra lớp này bằng cách cấy một tạp chất thích hợp vào lớp bề mặt của tấm bán dẫn loại *n*. Trên cùng là một lớp kim loại rất mỏng. Dưới cùng là một đế kim loại. Các kim loại này đóng vai trò các điện cực trơ.

b) Giữa bán dẫn loại *n* và bán dẫn loại *p* hình thành một lớp chuyển tiếp *p*-*n*. Lớp này ngăn không cho êlectron khuếch tán từ *n* sang *p* và lỗ trống khuếch tán từ *p* sang *n*. Vì vậy, người ta gọi lớp chuyển tiếp này là *lớp chặn*.



Hình 31.3

c) Khi chiếu ánh sáng có bước sóng ngắn hơn giới hạn quang điện vào lớp kim loại mỏng ở trên cùng thì ánh sáng sẽ đi xuyên qua lớp này vào lớp loại *p*, gây ra hiện tượng quang điện trong và giải phóng ra các cặp êlectron và lỗ trống. Êlectron dễ dàng đi qua lớp chặn xuống bán dẫn loại *n*. Còn lỗ trống thì bị giữ lại trong lớp *p*. Kết quả là điện cực kim loại mỏng ở trên sẽ nhiễm điện dương và trở thành điện cực dương của pin, còn đế kim loại ở dưới sẽ nhiễm điện âm và trở thành điện cực âm của pin.

Nếu nối hai điện cực bằng một dây dẫn thông qua một ampe kế thì ta sẽ thấy có dòng quang điện chạy từ cực dương sang cực âm.

Suất điện động của pin quang điện nằm trong khoảng từ 0,5 V đến 0,8 V.



C2 So sánh độ lớn suất điện động của pin quang điện với suất điện động của pin hoá học.

4. Pin quang điện được ứng dụng trong các máy đo ánh sáng, vệ tinh nhân tạo, máy tính bỏ túi... Ngày nay, người ta đã chế tạo thử thành công ô tô và cả máy bay chạy bằng pin quang điện.

- **Chất quang dẫn là chất bán dẫn có tính dẫn điện kém khi không bị chiếu sáng và trở thành dẫn điện tốt khi bị chiếu ánh sáng thích hợp.**
- **Hiện tượng quang điện trong là hiện tượng các êlectron liên kết được ánh sáng giải phóng để trở thành các êlectron dẫn.**
- **Pin quang điện là pin chạy bằng năng lượng ánh sáng. Nó biến đổi trực tiếp quang năng thành điện năng. Pin hoạt động dựa vào hiện tượng quang điện trong xảy ra bên cạnh một lớp chặn.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

?

1. Chất quang dẫn là gì ?
2. Hiện tượng quang điện trong là gì ? Giải thích tính quang dẫn của một chất.
3. Trình bày cấu tạo và hoạt động của một pin quang điện.
4. Hãy ghép nửa câu ở phần trên với nửa câu tương ứng ở phần dưới để thành một câu có nội dung đúng.

   A. Pin hoá học...

   B. Pin nhiệt điện...

   C. Pin quang điện...

   a) ... hoạt động dựa vào hiện tượng quang điện trong xảy ra bên cạnh một lớp chặn.

   b) ... hoạt động dựa vào sự hình thành các hiệu điện thế điện hoá ở hai điện cực.

   c) ... hoạt động dựa vào sự hình thành hiệu điện thế khi các êlectron tự do khuếch tán từ đầu nóng sang đầu lạnh của một dây kim loại.

5. Điện trở của một quang điện trở có đặc điểm nào dưới đây ?

   A. Có giá trị rất lớn.

   B. Có giá trị rất nhỏ.

   C. Có giá trị không đổi.

   D. Có giá trị thay đổi được.

6. Suất điện động của một pin quang điện có đặc điểm nào dưới đây ?

   A. Có giá trị rất lớn.

   B. Có giá trị rất nhỏ.

   C. Có giá trị không đổi, không phụ thuộc điều kiện bên ngoài.

   D. Chỉ xuất hiện khi pin được chiếu sáng.

32 HIỆN TƯỢNG QUANG - PHÁT QUANG

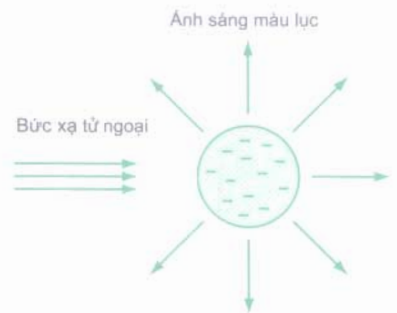
Người ta đã sản xuất ra nhiều loại công tắc điện có đặc điểm sau đây : Khi đèn trong phòng tắt đi, ta thấy nút bấm của công tắc phát ra ánh sáng màu xanh. Sự phát sáng này kéo dài hàng giờ, rất thuận tiện cho việc tìm chỗ bật điện trong đêm. Đó là hiện tượng gì ?

I - HIỆN TƯỢNG QUANG - PHÁT QUANG

1. Khái niệm về sự phát quang

Một số chất có khả năng hấp thụ ánh sáng có bước sóng này để phát ra ánh sáng có bước sóng khác. Hiện tượng đó gọi là *hiện tượng quang - phát quang*. Chất có khả năng phát quang là chất phát quang.

Ví dụ : Nếu chiếu một chùm bức xạ tử ngoại vào một ống nghiệm đựng dung dịch fluorexêin thì dung dịch này sẽ phát ra ánh sáng màu lục (H.32.1). Ở đây, bức xạ tử ngoại là ánh sáng kích thích, còn ánh sáng màu lục do fluorexêin phát ra là ánh sáng phát quang.



Hình 32.1

Chú ý : Ngoài hiện tượng quang - phát quang, còn có các hiện tượng phát quang khác như : hoá - phát quang ở con đom đóm, phát quang catôt ở màn hình vô tuyến, điện - phát quang ở đèn LED,...

Thành trong của các đèn ống thông dụng có phủ một lớp bột phát quang. Lớp bột này sẽ phát quang ánh sáng trắng khi bị kích thích bởi ánh sáng giàu tia tử ngoại do hơi thuỷ ngân trong đèn phát ra lúc có sự phóng điện qua nó.

Một đặc điểm quan trọng của sự phát quang là nó còn kéo dài một thời gian sau khi tắt ánh sáng kích thích. Thời gian này dài ngắn khác nhau phụ thuộc vào chất phát quang.

2. Huỳnh quang và lân quang

Sự phát quang của các chất lỏng và khí có đặc điểm là ánh sáng phát quang bị tắt rất nhanh sau khi tắt ánh sáng kích thích. Sự phát quang này gọi là *sự huỳnh quang*.

Sự phát quang của nhiều chất rắn lại có đặc điểm là ánh sáng phát quang có thể kéo dài một khoảng thời gian nào đó sau khi tắt ánh sáng kích thích. Sự phát quang này gọi là *sự lân quang*. Các chất rắn phát quang loại này gọi là *các chất lân quang.*

Một số loại sơn xanh, đỏ, vàng lục quét trên các biển báo giao thông hoặc ở đầu các cọc chỉ giới đường là các chất lân quang có thời gian kéo dài khoảng vài phần mười giây.

C1 Tại sao sơn quét trên các biển báo giao thông hoặc trên đầu các cọc chỉ giới có thể là sơn phát quang mà không là sơn phản quang (phản xạ ánh sáng) ?



II - ĐẶC ĐIỂM CỦA ÁNH SÁNG HUỲNH QUANG

Từ nhiều thí nghiệm, người ta đã rút ra nhận xét : Ánh sáng huỳnh quang có bước sóng dài hơn bước sóng của ánh sáng kích thích : $\lambda_{hq} > \lambda_{kt}$.

Dựa vào thuyết lượng tử ánh sáng ta có thể giải thích được đặc điểm nói trên. Thực vậy, mỗi nguyên tử hay phân tử của chất huỳnh quang hấp thụ hoàn toàn một phôtôn của ánh sáng kích thích có năng lượng hf_{kt} để chuyển sang trạng thái kích thích. Khi ở trong trạng thái kích thích, nguyên tử hay phân tử này có thể va chạm với các nguyên tử hay phân tử khác và bị mất một phần năng lượng. Khi trở về trạng thái bình thường nó sẽ phát ra một phôtôn hf_{hq} có năng lượng nhỏ hơn :

$$hf_{hq} < hf_{kt} \Rightarrow \lambda_{hq} > \lambda_{kt}$$

Hiện tượng quang - phát quang là sự hấp thụ ánh sáng có bước sóng này để phát ra ánh sáng có bước sóng khác.

Ánh sáng huỳnh quang có bước sóng dài hơn bước sóng ánh sáng kích thích.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Hiện tượng quang - phát quang là gì ? Phân biệt hiện tượng huỳnh quang và hiện tượng lân quang.
2. Ánh sáng huỳnh quang có đặc điểm gì ?
3. Sự phát sáng của vật nào dưới đây là sự phát quang ?

   A. Tia lửa điện.

   B. Hồ quang.

   C. Bóng đèn ống.

   D. Bóng đèn pin.
4. Nếu ánh sáng kích thích là ánh sáng màu lam thì ánh sáng huỳnh quang không thể là ánh sáng nào dưới đây ?

   A. Ánh sáng đỏ.

   B. Ánh sáng lục.

   C. Ánh sáng lam.

   D. Ánh sáng chàm.
5. Một chất có khả năng phát quang ánh sáng màu đỏ và ánh sáng màu lục. Nếu dùng tia tử ngoại để kích thích sự phát quang của chất đó thì ánh sáng phát quang có thể có màu nào ?

   A. Màu đỏ.

   B. Màu vàng.

   C. Màu lục.

   D. Màu lam.
6. Ở trên áo của các công nhân làm đường hay dọn vệ sinh trên đường thường có những đường kẻ to bản, nằm ngang, màu vàng hoặc lục.

   a) Những đường kẻ đó dùng để làm gì ?

   b) Những đường kẻ đó bằng chất liệu phát quang hay phản quang ?

   c) Hãy đề xuất một thí nghiệm đơn giản để nhận biết những chất liệu đó là phát quang hay phản quang.



MẪU NGUYÊN TỬ BO

Một trong những thành công lớn của thuyết lượng tử ánh sáng là giải thích được nhiều hiện tượng liên quan đến quang phổ của các nguyên tử.

I - MÔ HÌNH HÀNH TINH NGUYÊN TỬ



Nin-xơ Bo (Niels Bohr, 1885 - 1962), nhà vật lí Đan Mạch, là người đầu tiên xây dựng lí thuyết về cấu tạo nguyên tử theo tinh thần của thuyết lượng tử. Ông được giải Nô-ben về Vật lí năm 1922.

Năm 1911, sau nhiều công trình nghiên cứu công phu, Rơ-dơ-pho (Rutherford) đã đề xướng ra mẫu hành tinh nguyên tử. Tuy nhiên mẫu này đã gặp phải khó khăn là không giải thích được tính bền vững của các nguyên tử và sự tạo thành quang phổ vạch của các nguyên tử.



Năm 1913, Bo đã vận dụng thuyết lượng tử ánh sáng vào hệ thống nguyên tử và đề ra một mẫu nguyên tử mới gọi là mẫu nguyên tử Bo. Mẫu này đã giải thích được sự tạo thành quang phổ vạch của các nguyên tử, đặc biệt là nguyên tử hiđrô.

Trong mẫu này, Bo vẫn giữ mô hình hành tinh nguyên tử của Rơ-dơ-pho, nhưng ông cho rằng hệ thống nguyên tử bị chi phối bởi những quy luật đặc biệt có tính lượng tử mà ông đề ra dưới dạng hai giả thuyết. Người ta gọi chúng là hai tiên đề của Bo về cấu tạo nguyên tử.

C1 Trình bày mẫu hành tinh nguyên tử của Rơ-dơ-pho.

II - CÁC TIÊN ĐỀ CỦA BO VỀ CẤU TẠO NGUYÊN TỬ

1. Tiên đề về các trạng thái dừng

Nguyên tử chỉ tồn tại trong một số trạng thái có năng lượng xác định, gọi là các trạng thái dừng. Khi ở trong các trạng thái dừng thì nguyên tử không bức xạ.

Trong các trạng thái dừng của nguyên tử, electron chỉ chuyển động quanh hạt nhân trên những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là các quỹ đạo dừng.

Đối với nguyên tử hiđrô, bán kính các quỹ đạo dừng tăng tỉ lệ với bình phương của các số nguyên liên tiếp :

Bán kính : r_0 $4r_0$ $9r_0$ $16r_0$ $25r_0$ $36r_0$

Tên quỹ đạo : K L M N O P

với $r_0 = 5{,}3.10^{-11}$ m ; r_0 gọi là bán kính Bo.

Ta hiểu năng lượng của nguyên tử ở đây bao gồm động năng của êlectron và thế năng tương tác tĩnh điện giữa êlectron và hạt nhân.

Bình thường, nguyên tử ở trong trạng thái dừng có năng lượng thấp nhất và êlectron chuyển động trên quỹ đạo gần hạt nhân nhất. Đó là *trạng thái cơ bản.*

Khi hấp thụ năng lượng thì nguyên tử chuyển lên các trạng thái dừng có năng lượng cao hơn và êlectron chuyển động trên những quỹ đạo xa hạt nhân hơn. Đó là *các trạng thái kích thích*.

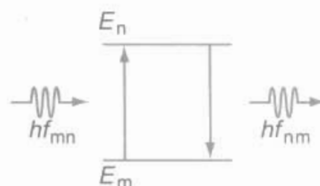
Các trạng thái kích thích có năng lượng càng cao thì ứng với bán kính quỹ đạo của êlectron càng lớn và trạng thái đó càng kém bền vững. Thời gian sống trung bình của nguyên tử trong các trạng thái kích thích rất ngắn (chỉ vào cỡ 10^{-8} s). Sau đó nó chuyển dần về các trạng thái có năng lượng thấp hơn, và cuối cùng về trạng thái cơ bản.

2. Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử

Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng (E_n) sang trạng thái dừng có năng lượng thấp hơn (E_m) thì nó phát ra một phôtôn có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$:

$$\boldsymbol{\varepsilon = hf_{nm} = E_n - E_m} \qquad (33.1)$$

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trong trạng thái dừng có năng lượng E_m mà hấp thụ được một phôtôn có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$ thì nó chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng cao E_n (H.33.1).



Hình 33.1

C2 Nếu phôtôn có năng lượng lớn hơn hiệu $E_n - E_m$ thì nguyên tử có hấp thụ được không ?

Tiên đề này cho thấy : Nếu một chất hấp thụ được ánh sáng có bước sóng nào thì nó cũng có thể phát ra ánh sáng có bước sóng ấy.



III - QUANG PHỔ PHÁT XẠ VÀ HẤP THỤ CỦA NGUYÊN TỬ HIĐRÔ

Dùng mẫu nguyên tử Bo, người ta đã giải thích rất thành công các quy luật của quang phổ nguyên tử hiđrô.

Trước hết, dựa vào tiên đề về các trạng thái dừng và vào số liệu thực nghiệm về quang phổ, người ta đã xác định được năng lượng của êlectron trong nguyên tử hiđrô ở các trạng thái dừng khác nhau (các mức năng lượng của nguyên tử hiđrô E_K , E_L , E_M ...).

Khi êlectron chuyển từ mức năng lượng cao (E_{cao}) xuống mức năng lượng thấp hơn ($E_{thấp}$) thì nó phát ra một phôtôn có năng lượng hoàn toàn xác định : $hf = E_{cao} - E_{thấp}$.

Mỗi phôtôn có tần số f ứng với một sóng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = \frac{c}{f}$, tức là ứng với một vạch quang phổ có một màu (hay một vị trí) nhất định. Điều đó lí giải tại sao quang phổ phát xạ của nguyên tử hiđrô là quang phổ vạch.

Ngược lại, nếu một nguyên tử hiđrô đang ở một mức năng lượng $E_{thấp}$ nào đó mà nằm trong một chùm sáng trắng, trong đó có tất cả các phôtôn có năng lượng từ lớn đến nhỏ khác nhau, thì lập tức nguyên tử đó sẽ hấp thụ ngay một phôtôn có năng lượng phù hợp $\varepsilon = E_{cao} - E_{thấp}$ để chuyển lên mức năng lượng E_{cao}. Như vậy, một sóng ánh sáng đơn sắc đã bị hấp thụ, làm cho trên quang phổ liên tục xuất hiện một vạch tối. Do đó, quang phổ hấp thụ của nguyên tử hiđrô cũng là quang phổ vạch.

Mẫu nguyên tử Bo bao gồm mô hình hành tinh nguyên tử và hai tiên đề của Bo.

Tiên đề về các trạng thái dừng : Nguyên tử chỉ tồn tại ở trong các trạng thái có năng lượng xác định gọi là các trạng thái dừng. Khi ở các trạng thái dừng thì nguyên tử không bức xạ.

Ở các trạng thái dừng thì các êlectron chuyển động quanh hạt nhân trên những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là các quỹ đạo dừng.

Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử : Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_n sang trạng thái dừng có năng lượng E_m thấp hơn thì nó phát ra một phôtôn có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$:

$$\varepsilon = hf_{nm} = E_n - E_m$$

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_m mà hấp thụ được phôtôn có năng lượng như trên thì nó sẽ chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng E_n.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Mẫu nguyên tử Bo khác mẫu nguyên tử Rơ-dơ-pho ở điểm nào ?

2. Trình bày tiên đề Bo về các trạng thái dừng.

3. Trình bày tiên đề Bo về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử ?

4. Chọn câu đúng.

Trạng thái dừng là

A. trạng thái êlectron không chuyển động quanh hạt nhân.

B. trạng thái hạt nhân không dao động.

C. trạng thái đứng yên của nguyên tử.

D. trạng thái ổn định của hệ thống nguyên tử.

5. Xét ba mức năng lượng E_K, E_L và E_M của nguyên tử hiđrô (H.33.2). Một phôtôn có năng lượng bằng $E_M - E_K$ bay đến gặp nguyên tử này.

E_M

E_L

E_K

Hình 33.2

Nguyên tử sẽ hấp thụ phôtôn và chuyển trạng thái như thế nào ?

A. Không hấp thụ.

B. Hấp thụ nhưng không chuyển trạng thái.

C. Hấp thụ rồi chuyển dần từ *K* lên *L* rồi lên *M*.

D. Hấp thụ rồi chuyển thẳng từ *K* lên *M*.

6. Có một đám nguyên tử của một nguyên tố mà mỗi nguyên tử có ba mức năng lượng E_K, E_L và E_M như Hình 33.2. Chiếu vào đám nguyên tử này một chùm sáng đơn sắc mà mỗi phôtôn trong chùm có năng lượng là $\varepsilon = E_M - E_K$. Sau đó nghiên cứu quang phổ vạch phát xạ của đám nguyên tử trên. Ta sẽ thu được bao nhiêu vạch quang phổ ?

A. Một vạch. B. Hai vạch.

C. Ba vạch. D. Bốn vạch.

7. Ion crôm trong hồng ngọc phát ra ánh sáng đỏ có bước sóng 0,694 μm. Tính hiệu giữa hai mức năng lượng mà khi chuyển giữa hai mức đó, ion crôm phát ra ánh sáng nói trên.

34 SƠ LƯỢC VỀ LAZE

Ta thường nghe nói laze dùng để mổ xẻ, khoan kim loại, đọc đĩa CD, truyền tín hiệu, đo đạc,... Vậy, laze là gì ?

I - CẤU TẠO VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA LAZE

1. Laze là gì ?



Hình 34.1

Ảnh chụp một laze bán dẫn

Laze là từ phiên âm của tiếng Anh LASER. Thuật ngữ LASER được ghép bằng những chữ cái đứng đầu của cụm từ Light Amplifier by Stimulated Emission of Radiation. Chúng có nghĩa là : *Máy khuếch đại ánh sáng bằng sự phát xạ cảm ứng.*

Có thể nói : *Laze là một nguồn sáng phát ra một chùm sáng cường độ lớn*[1] *dựa trên việc ứng dụng hiện tượng phát xạ cảm ứng.*

Chùm bức xạ phát ra cũng được gọi là chùm tia laze. Tia laze có các đặc điểm : có tính đơn sắc, tính định hướng, tính kết hợp rất cao và cường độ lớn.

Ta sẽ hiểu rõ tất cả các đặc điểm này khi xét sự phát xạ cảm ứng.

2. Sự phát xạ cảm ứng

Nguyên tắc hoạt động quan trọng nhất của laze là sự phát xạ cảm ứng.

Năm 1917, khi nghiên cứu lí thuyết phát xạ, Anh-xtanh đã chứng minh rằng : ngoài hiện tượng phát xạ tự phát, còn có hiện tượng phát xạ mà ông gọi là *phát xạ cảm ứng*. Hiện tượng đó như sau :

---

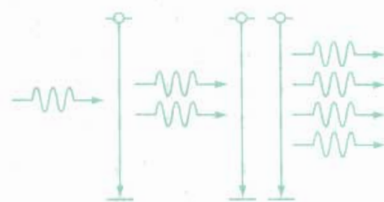
(1) Cường độ của một chùm sáng được xác định bằng lượng năng lượng mà chùm sáng tải qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với tia sáng trong 1 s. Đơn vị cường độ sáng là oát trên mét vuông.

Nếu một nguyên tử đang ở trong trạng thái kích thích, sẵn sàng phát ra một phôtôn có năng lượng ε = hf, bắt gặp một phôtôn có năng lượng ε' đúng bằng hf, bay lướt qua nó, thì lập tức nguyên tử này cũng phát ra phôtôn ε. Phôtôn ε có cùng năng lượng và bay cùng phương với phôtôn ε'. Ngoài ra, sóng điện từ ứng với phôtôn ε hoàn toàn cùng pha và dao động trong một mặt phẳng song song với mặt phẳng dao động của sóng điện từ ứng với phôtôn ε'(H.34.2).



Hình 34.2

Như vậy, nếu có một phôtôn ban đầu bay qua một loạt nguyên tử đang ở trong trạng thái kích thích thì số phôtôn sẽ tăng lên theo cấp số nhân (H.34.3).


Hình 34.3

Các phôtôn này có cùng năng lượng (ứng với sóng điện từ có cùng bước sóng), do đó tính đơn sắc của chùm sáng rất cao ; chúng bay theo cùng một phương (tính định hướng của chùm sáng rất cao) ; tất cả các sóng điện từ trong chùm sáng do các nguyên tử phát ra đều cùng pha (tính kết hợp của chùm sáng rất cao). Ngoài ra, vì số phôtôn bay theo cùng một hướng rất lớn nên cường độ của chùm sáng rất lớn.

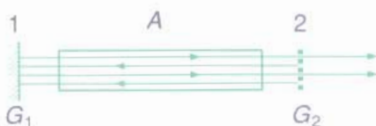


C1 Hãy mô tả cụ thể quá trình nhân phôtôn vẽ trên Hình 34.3.

3. Cấu tạo của laze

Người ta đã chế tạo được các loại laze sau : laze khí, laze rắn và laze bán dẫn.

Dưới đây, ta xét cấu tạo của một laze rắn : laze rubi. Rubi (hồng ngọc) là Al_2O_3 có pha Cr_2O_3. Ánh sáng đỏ của hồng ngọc do ion crôm phát ra khi chuyển từ trạng thái kích thích về trạng thái cơ bản. Đó cũng là màu của tia laze.



Hình 34.4
Laze rubi

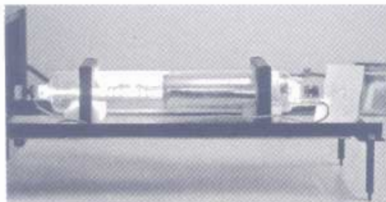
Laze rubi gồm một thanh rubi hình trụ (*A*) (H.34.4). Hai mặt được mài nhẵn, vuông góc với trục của thanh. Mặt (1) được mạ bạc trở thành một gương phẳng (G_1) có mặt phản xạ quay vào phía trong. Mặt (2) là mặt bán mạ, tức là mạ một lớp rất mỏng để cho khoảng 50% cường độ của chùm sáng chiếu tới bị phản xạ, còn khoảng 50% truyền qua.

Việc sử dụng hiện tượng phát xạ cảm ứng là nguyên tắc hoạt động quan trọng nhất của laze. Ngoài ra, còn những nguyên tắc hoạt động quan trọng khác mà ta chỉ liệt kê dưới đây :

– Phải làm sao cho số nguyên tử ở trạng thái kích thích nhiều hơn hẳn số nguyên tử ở trạng thái cơ bản. Nói khác đi, phải tạo ra sự đảo lộn mật độ giữa trạng thái kích thích và trạng thái cơ bản. Có như thế thì các phôtôn truyền qua môi trường mới không bị hấp thụ hết. Môi trường trong đó có sự đảo lộn mật độ là môi trường hoạt tính.

– Phải cho ánh sáng truyền qua, lại môi trường hoạt tính nhiều lần mà những sóng ánh sáng này lại không triệt tiêu lẫn nhau, nghĩa là có sóng dừng thành lập giữa hai gương.

– Nếu dùng một đèn để kích thích các nguyên tử thì công suất của đèn phải đủ lớn mới đảm bảo được sự đảo lộn mật độ. Công suất tối thiểu của đèn này gọi là ngưỡng phát.



Hình 34.5
Laze khí

Mặt này trở thành một gương phẳng (G_2) có mặt phản xạ quay về phía G_1. Hai gương G_1 và G_2 song song với nhau.

Dùng một đèn phóng điện xênon để chiếu sáng rất mạnh thanh rubi và đưa một số lớn ion crôm lên trạng thái kích thích. Nếu có một ion crôm bức xạ theo phương vuông góc với hai gương thì ánh sáng sẽ phản xạ đi lại nhiều lần giữa hai gương và sẽ làm cho một loạt ion crôm phát xạ cảm ứng. Ánh sáng sẽ được khuếch đại lên nhiều lần. Chùm tia laze được lấy ra từ gương bán mạ G_2.

II - MỘT VÀI ỨNG DỤNG CỦA LAZE

Laze được ứng dụng rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực :

– Trong y học, lợi dụng khả năng có thể tập trung năng lượng của chùm tia laze vào một vùng rất nhỏ, người ta đã dùng tia laze như một dao mổ trong các phẫu thuật tinh vi như mắt, mạch máu,... Ngoài ra, người ta cũng sử dụng tác dụng nhiệt của tia laze để chữa một số bệnh như các bệnh ngoài da...

– Trong thông tin liên lạc, do có tính định hướng và tần số rất cao nên tia laze có ưu thế đặc biệt trong liên lạc vô tuyến (vô tuyến định vị, liên lạc vệ tinh, điều khiển các con tàu vũ trụ,...). Do có tính kết hợp và cường độ cao nên các tia laze được sử dụng rất tốt trong việc truyền tin bằng cáp quang.

– Trong công nghiệp, vì tia laze có cường độ lớn và tính định hướng cao nên nó được dùng trong các công việc như cắt, khoan, tôi,... chính xác trên nhiều chất liệu như kim loại, compôzit,... Người ta có thể khoan được những lỗ có đường kính rất nhỏ và rất sâu mà không thể thực hiện được bằng các phương pháp cơ học.

– Trong trắc địa, laze được dùng trong các công việc như đo khoảng cách, tam giác đạc, ngắm đường thẳng,...

– Laze còn được dùng trong các đầu đọc đĩa CD, trong các bút chỉ bảng, bản đồ, trong các thí nghiệm quang học ở trường phổ thông,... Các laze này thuộc loại laze bán dẫn.

Laze là máy khuếch đại ánh sáng dựa vào sự phát xạ cảm ứng.

Chùm sáng do laze phát ra có tính đơn sắc, tính định hướng, tính kết hợp cao và cường độ lớn.

Ngày nay, laze đã được ứng dụng rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực như : y học, công nghiệp, thông tin liên lạc...

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Laze là gì ?

2. Nêu các đặc điểm của chùm sáng (tia laze) do laze phát ra.

3. Sự phát xạ cảm ứng là gì ? Tại sao có thể khuếch đại ánh sáng dựa vào hiện tượng phát xạ cảm ứng ?

4. Trình bày cấu tạo của laze rubi.

5. Có những loại laze gì ?

6. Trình bày một vài ứng dụng của laze.

7. Chọn câu đúng.

Chùm sáng do laze rubi phát ra có màu

A. trắng. B. xanh.

C. đỏ. D. vàng.

8. Tia laze **không** có đặc điểm nào dưới đây ?

A. Độ đơn sắc cao.

B. Độ định hướng cao.

C. Cường độ lớn.

D. Công suất lớn.

9. Bút laze mà ta thường dùng để chỉ bảng thuộc loại laze nào ?

A. Khí. B. Lỏng.

C. Rắn. D. Bán dẫn.

TỔNG KẾT CHƯƠNG VI LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

1. Cốt lõi của thuyết lượng tử ánh sáng là giả thuyết Plăng và khái niệm về lượng tử năng lượng.

2. Áp dụng thuyết lượng tử cho các quá trình tương tác của ánh sáng với các nguyên tử, Anh-xtanh đề ra thuyết lượng tử ánh sáng.

3. Dùng thuyết lượng tử ánh sáng có thể giải thích được một loạt hiện tượng quang học :

– Hiện tượng quang điện.

– Hiện tượng quang điện trong.

– Hiện tượng quang – phát quang.

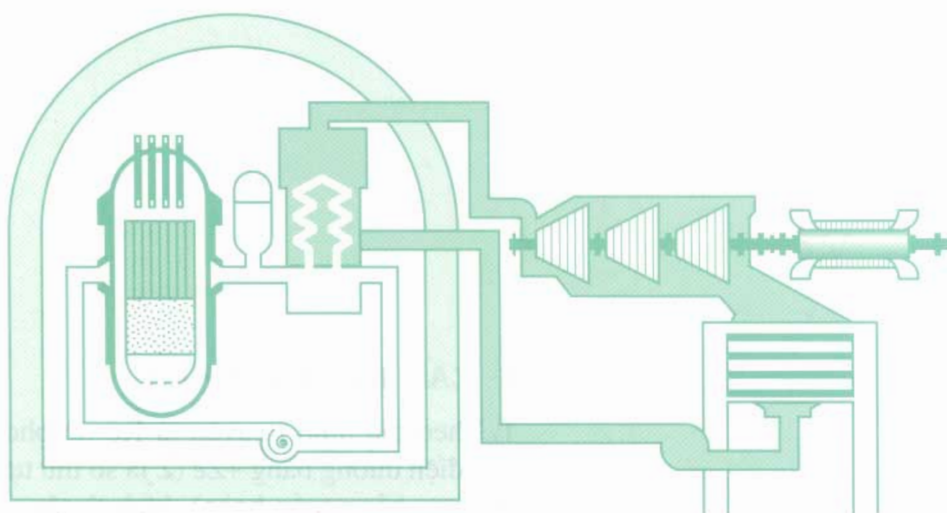
4. Hiện tượng quang điện trong đã được áp dụng trong pin quang điện.

5. Mẫu nguyên tử Bo là sự phối hợp mẫu nguyên tử Rơ-dơ-pho với hai tiên đề của Bo về các trạng thái dừng, các quỹ đạo dừng và về sự hấp thụ và bức xạ năng lượng của nguyên tử.

6. Laze là máy khuếch đại ánh sáng dựa vào sự phát xạ cảm ứng. Chùm sáng do laze phát ra có tính đơn sắc, tính định hướng, tính kết hợp rất cao và cường độ lớn.

CHƯƠNG VII

Hạt nhân nguyên tử



Sơ đồ lò phản ứng nước áp suất cao (*PWR*)

- Lực hạt nhân. Năng lượng liên kết của hạt nhân.
- Phản ứng hạt nhân : phóng xạ, phân hạch, dây chuyền, nhiệt hạch. Định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân.
- Năng lượng phản ứng hạt nhân. Năng lượng phân hạch. Năng lượng nhiệt hạch.



TÍNH CHẤT VÀ CẤU TẠO HẠT NHÂN

Trong quá trình tìm hiểu cấu tạo của các chất, người ta ngày càng đi sâu vào phạm vi các kích thước ngày càng nhỏ, nhỏ hơn kích thước phân tử, nguyên tử.

Năm 1897, Tôm-xơn (Thompson) tìm ra êlectron và đo được tỉ số $\frac{e}{m}$.

Năm 1908, Pê-rin (Perrin) xác định được giá trị của số A-vô-ga-đrô, chứng minh sự tồn tại của nguyên tử.

Vào các năm 1909 ÷ 1911, Rơ-dơ-pho tìm ra sự tồn tại của hạt nhân trong nguyên tử. Ông đề xuất cấu tạo nguyên tử gồm có hạt nhân và các êlectron.

Các nhà vật lí học chưa dừng ở đó mà vẫn tiếp tục đi sâu vào cấu tạo bên trong của hạt nhân nguyên tử. Vấn đề này đã được giải quyết cơ bản vào năm 1932 khi Sát-uých (Chadwick) tìm ra hạt nơtron.

I - CẤU TẠO HẠT NHÂN

1. Theo mô hình nguyên tử Rơ-dơ-pho : Hạt nhân tích điện dương bằng $+Ze$ (Z là số thứ tự của nguyên tố trong bảng tuần hoàn), kích thước của hạt nhân rất nhỏ, nhỏ hơn kích thước nguyên tử khoảng $10^4 \div 10^5$ lần.



C1 Nếu tưởng tượng kích thước nguyên tử to như một căn phòng kích thước (10 x 10 x 10) m thì hạt nhân có thể so sánh với vật nào ?

2. Cấu tạo hạt nhân

Hạt nhân được tạo thành bởi hai loại hạt là *prôtôn* và *nơtron* ; hai loại hạt này có tên chung là *nuclôn*.

Ghi chú : Cấu tạo của hạt nhân trình bày ở đây thường được gọi là mô hình I-va-nen-cô – Hai-xen-béc.

Hạt	Điện tích	Khối lượng
Prôtôn (p)	$+e$	$1{,}67262.10^{-27}$ kg
Nơtron (n)	0	$1{,}67493.10^{-27}$ kg

Số prôtôn trong hạt nhân bằng Z, với Z là số thứ tự của nguyên tố trong bảng tuần hoàn ; Z gọi là *nguyên tử số.*

Tổng số nuclôn trong một hạt nhân được kí hiệu là A. A gọi là *số khối*. Kết quả, số nơtron trong hạt nhân là $A - Z$.

3. Kí hiệu hạt nhân

Người ta dùng kí hiệu hoá học X của nguyên tố để đặt tên cho hạt nhân, kèm theo hai số Z và A như sau : ${}^{A}_{Z}X$.

Ví dụ : ${}^{1}_{1}H$; ${}^{12}_{6}C$; ${}^{16}_{8}O$; ${}^{67}_{30}Zn$; ${}^{238}_{92}U$

Kí hiệu này cũng được dùng cho một số hạt sơ cấp (sẽ học ở chương VIII) : ${}^{1}_{1}p$, ${}^{1}_{0}n$, ${}^{0}_{-1}e$.

4. Đồng vị

Các hạt nhân đồng vị là những hạt nhân có cùng số Z, khác số A, nghĩa là cùng số prôtôn và khác số nơtron.

Ví dụ : ${}^{1}_{1}H$; ${}^{2}_{1}H$; ${}^{3}_{1}H$

${}^{10}_{6}C$; ${}^{11}_{6}C$; ${}^{12}_{6}C$; ${}^{13}_{6}C$; ${}^{14}_{6}C$; ${}^{15}_{6}C$; ${}^{16}_{6}C$

Hiđrô có ba đồng vị là :

a) Hiđrô thường ${}^{1}_{1}H$ chiếm 99,99% hiđrô thiên nhiên ;

b) Hiđrô nặng ${}^{2}_{1}H$, còn được gọi là đơteri ${}^{2}_{1}D$, chiếm 0,015% hiđrô thiên nhiên ;

c) Hiđrô siêu nặng ${}^{3}_{1}H$, còn được gọi là triti ${}^{3}_{1}T$; hạt nhân này không bền, thời gian sống của nó khoảng 10 năm.

Cacbon có nhiều đồng vị, trong đó chỉ có hai đồng vị bền là ${}^{12}_{6}C$ và ${}^{13}_{6}C$. Trong một khối cacbon tự nhiên bền vững, ${}^{12}_{6}C$ chiếm khoảng 98,89% ; ${}^{13}_{6}C$ chiếm khoảng 1,11% .

II - KHỐI LƯỢNG HẠT NHÂN

1. Đơn vị khối lượng hạt nhân

Các hạt nhân có khối lượng rất lớn so với khối lượng của êlectron ; vì vậy khối lượng nguyên tử tập trung gần như toàn bộ ở hạt nhân.

Để tiện tính toán các khối lượng hạt nhân, người ta đã định nghĩa một đơn vị mới đo khối lượng vào cỡ khối lượng các hạt nhân. Đơn vị này gọi là *đơn vị khối lượng nguyên tử*, kí hiệu là u.

Đơn vị u có giá trị bằng $\frac{1}{12}$ *khối lượng nguyên tử của đồng vị* $^{12}_{6}C$, cụ thể là :

$$1\ u = 1{,}66055.10^{-27}\ kg$$

Ví dụ : Khối lượng tính ra u :

Êlectron	Prôtôn	Nơtron	Heli (^4_2He)
$5{,}486.10^{-4}$	1,00728	1,00866	4,00150

2. Khối lượng và năng lượng

Trong thuyết tương đối, người ta đã chứng minh rằng, một vật có khối lượng thì cũng có năng lượng tương ứng và ngược lại.

Năng lượng E và khối lượng m tương ứng của cùng một vật luôn luôn tồn tại đồng thời và tỉ lệ với nhau, hệ số tỉ lệ là c^2 (c là tốc độ ánh sáng trong chân không).

Ta có hệ thức Anh-xtanh sau đây :

$$\boldsymbol{E = mc^2}$$

Công thức trên đây có thể áp dụng để tính toán khối lượng và năng lượng tương ứng của các hạt nhân.

Năng lượng (tính ra đơn vị eV) tương ứng với khối lượng 1 u được xác định :

$$E = uc^2 \approx 931{,}5\ MeV$$

Kết quả tính được :

$$1\ \text{u} \approx 931{,}5\ \text{MeV/c}^2$$

Từ đó ta thấy :

MeV/c^2 cũng được coi là một *đơn vị đo khối lượng hạt nhân.*

 Tính 1 MeV/c^2 ra đơn vị kilôgam.



Hạt	*p*	*n*	*e*
Khối lượng tính ra MeV/c^2	938	939	0,51

Chú ý : Cũng theo thuyết tương đối, một vật có khối lượng m_0 khi ở trạng thái nghỉ thì khi chuyển động với tốc độ v, *khối lượng sẽ tăng lên* thành m với

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

trong đó m_0 được gọi là *khối lượng nghỉ* và m gọi là *khối lượng động*. Giá trị khối lượng của các hạt cho trong bài nói chung đều là khối lượng nghỉ.

Như vậy khi một vật có khối lượng nghỉ m_0 chuyển động với tốc độ v thì khối lượng tăng lên thành $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$; khi đó năng lượng của vật (gọi là năng lượng toàn phần) cho bởi công thức :

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Năng lượng $E_0 = m_0c^2$ được gọi là *năng lượng nghỉ* và hiệu $E - E_0 = (m - m_0)c^2$ chính là động năng của vật, thường kí hiệu là $W_đ = E - E_0 = (m - m_0)c^2$.

- Cấu tạo hạt nhân gồm có Z prôtôn và $A - Z$ nơtron (A : số nuclôn).

  Kí hiệu : $^{A}_{Z}X$

- Khối lượng hạt nhân tính ra đơn vị u :

$$1\ u = 1{,}66055.10^{-27}\ kg \approx 931{,}5\ MeV/c^2$$

- Hệ thức Anh-xtanh $E = mc^2$.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Trong các câu sau, câu nào đúng ? câu nào sai ?

1. Kích thước hạt nhân tỉ lệ với số nuclôn A.
2. Các hạt nhân đồng vị có cùng số prôtôn.
3. Các hạt nhân đồng vị có cùng số nuclôn.
4. Điện tích hạt nhân tỉ lệ với số prôtôn.
5. Một hạt nhân có khối lượng 1u thì sẽ có năng lượng tương ứng 931,5 MeV.

2. Các hạt nhân có cùng số A và khác số Z được gọi là các hạt nhân *đồng khối*, ví dụ : $^{36}_{13}S$ và $^{36}_{18}Ar$. So sánh :

1. khối lượng
2. điện tích

của hai hạt nhân đồng khối.

▼

3. Xác định khối lượng tính ra u của hạt nhân $^{12}_{6}C$.

4. Chọn câu đúng.

Tính chất hoá học của một nguyên tử phụ thuộc :

A. nguyên tử số ;

B. số khối ;

C. khối lượng nguyên tử ;

D. số các đồng vị.

5. Chọn câu đúng.

Các đồng vị của cùng một nguyên tố có cùng :

A. số prôtôn ;

B. số nơtron ;

C. số nuclôn ;

D. khối lượng nguyên tử.

6. Số nuclôn trong $^{27}_{13}Al$ là bao nhiêu ?

A. 13 . B. 14 .

C. 27 . D. 40.

7. Số nơtron trong hạt nhân $^{27}_{13}Al$ là bao nhiêu ?

A. 13. B. 14.

C. 27. D. 40.

36 NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT CỦA HẠT NHÂN. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

Do cơ chế nào các nuclôn liên kết với nhau tạo thành hạt nhân bền vững ? Các hạt nhân có thể biến đổi thành những hạt nhân khác ? Nói cách khác, ước mơ biến đá thành vàng của loài người có thành hiện thực ?

I - LỰC HẠT NHÂN

– Các nuclôn trong hạt nhân hút nhau bằng các lực rất mạnh tạo nên hạt nhân bền vững. Các lực hút đó gọi là *lực hạt nhân*. Ta hãy so sánh lực hạt nhân với những loại lực mà ta đã biết.

– Lực hạt nhân không phải là lực tĩnh điện vì lực hạt nhân luôn là lực hút giữa hai prôtôn, giữa hai nơtron và giữa một prôtôn với một nơtron. Nói cách khác, lực hạt nhân *không phụ thuộc vào điện tích*.

– Lực hạt nhân không phải là lực hấp dẫn vì cường độ lực hấp dẫn giữa các nuclôn trong hạt nhân vào cỡ :

$$6,6726.10^{-11}\frac{(1,67262.10^{-27})^2}{(1,2.10^{-15})^2} \approx 12,963.10^{-35}\ \text{N}$$

(ở đây đã giả thiết khoảng cách giữa hai nuclôn vào khoảng $1,2.10^{-15}$ m)

Giá trị này quá nhỏ, không thể tạo thành liên kết bền vững, vậy bản chất lực hạt nhân không phải là lực hấp dẫn.

Kết luận : Lực hạt nhân không có cùng bản chất với lực tĩnh điện hay lực hấp dẫn ; nó là một loại lực mới truyền tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân. Lực này cũng được gọi là *lực tương tác mạnh*. Lực hạt nhân còn một đặc tính nữa là *chỉ phát huy tác dụng trong phạm vi kích thước hạt nhân*. Ở ngoài phạm vi kích thước hạt nhân, nghĩa là nếu khoảng cách giữa các nuclôn lớn hơn kích thước hạt nhân ($\approx 10^{-15}$ m) thì lực hạt nhân giảm nhanh xuống không.

II - NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT CỦA HẠT NHÂN

1. Độ hụt khối

Xét một hạt nhân cụ thể, ví dụ hạt nhân ${}_{2}^{4}\mathrm{He}$. Ta hãy so sánh khối lượng của hạt nhân này $m_{\mathrm{He}} = 4{,}00150\mathrm{u}$ với tổng khối lượng các nuclôn (2 prôtôn và 2 nơtron) tạo thành hạt nhân đó :

$$2m_{\mathrm{p}} + 2m_{\mathrm{n}} = 2.1{,}00728 + 2.1{,}00866 = 4{,}03188\,\mathrm{u}$$

Ta nhận thấy : $2m_{\mathrm{p}} + 2m_{\mathrm{n}} > m_{\mathrm{He}}$

Tính chất này là tổng quát đối với mọi hạt nhân. Vậy :

Khối lượng của một hạt nhân luôn nhỏ hơn tổng khối lượng của các nuclôn tạo thành hạt nhân đó.

Độ chênh giữa hai khối lượng đó được gọi là *độ hụt khối* của hạt nhân, kí hiệu là Δm :

$$\boldsymbol{\Delta m = Zm_{\mathrm{p}} + (A - Z)m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{X}}} \qquad (36.1)$$

2. Năng lượng liên kết

Đặc tính trên đây có thể lí giải dựa theo quan điểm năng lượng. Ta vẫn lấy hạt nhân ${}_{2}^{4}\mathrm{He}$ làm ví dụ, xét ở hai trạng thái :

Trạng thái 1	Trạng thái 2
(p)(p) (n)(n)	(p)(p)(n)(n)
Năng lượng tính theo hệ thức Anh-xtanh	
$m_{\mathrm{He}}c^2 < (2m_{\mathrm{p}} + 2m_{\mathrm{n}})c^2$	

Trạng thái 1 là hạt nhân ${}_{2}^{4}\mathrm{He}$ gồm 2 prôtôn và 2 nơtron liên kết chặt chẽ với nhau. Trạng thái 2 ứng với 2 prôtôn và 2 nơtron không liên kết với nhau. Muốn cho hệ chuyển từ trạng thái 1 sang trạng thái 2, phải cung cấp cho hệ năng lượng để thắng

được liên kết giữa các nuclôn. Giá trị tối thiểu của năng lượng cần phải cung cấp là :

$$(2m_p + 2m_n)c^2 - m_{He}c^2$$

Độ lớn của năng lượng này được gọi là *năng lượng liên kết* của hạt nhân ^4_2He, kí hiệu là :

$$W_{lk} = \left[2m_p + 2m_n - m_{He}\right]c^2 = \Delta mc^2$$

Δm là độ hụt khối của hạt nhân heli.

Tổng quát, đối với hạt nhân ^A_ZX, năng lượng liên kết là :

$$\boldsymbol{W_{lk} = \left[Zm_p + (A-Z)m_n - m_X\right]c^2} \quad (36.2)$$

hay :

$$W_{lk} = \Delta mc^2 \quad (36.3)$$

Năng lượng liên kết của một hạt nhân được tính bằng tích của độ hụt khối của hạt nhân với thừa số c^2.

Ví dụ :
Với hạt nhân ^4_2He :
$W_{lk} = \Delta mc^2$
$= (4,03188 -$
$- 4,00150)$ uc^2
$= 0,03038.931,5$ MeV
$= 28,29897$ MeV
$\approx 28,30$ MeV.

Ghi chú : Trong ví dụ bên, nếu từ trạng thái đầu gồm các nuclôn *p*, *p*, *n*, *n* riêng rẽ cho tổng hợp lại thành hạt nhân ^4_2He thì sẽ toả ra năng lượng bằng năng lượng liên kết W_{lk}. Quá trình này là một trong những quá trình hạt nhân toả năng lượng – năng lượng nhiệt hạch.

3. Năng lượng liên kết riêng

Mức độ bền vững của một hạt nhân không những phụ thuộc vào năng lượng liên kết mà còn phụ thuộc vào số nuclôn của hạt nhân đó. Vì vậy người ta định nghĩa *năng lượng liên kết riêng*, kí hiệu $\frac{W_{lk}}{A}$, là thương số giữa năng lượng liên kết W_{lk} và số nuclôn A. Đại lượng này đặc trưng cho mức độ bền vững của hạt nhân.

Ví dụ :

Hạt nhân	$^{235}_{92}U$	$^{56}_{28}Fe$	$^{142}_{55}Cs$	$^{90}_{40}Zr$
$\frac{W_{lk}}{A}$ (MeV/nuclôn)	7,6	8,8	8,3	8,7

Các hạt nhân bền vững có $\frac{W_{lk}}{A}$ lớn nhất vào cỡ 8,8 MeV/nuclôn ; đó là những hạt nhân nằm ở khoảng giữa của bảng tuần hoàn ứng với : $50 < A < 95$.

Ta nhận thấy năng lượng liên kết riêng lớn hơn nhiều so với năng lượng liên kết của một êlectron trong nguyên tử (từ $20 \div 10^3$ eV). Điều này một lần nữa chứng tỏ rằng tương tác hạt nhân (giữa các nuclôn) mạnh hơn rất nhiều so với tương tác tĩnh điện Cu-lông (giữa hạt nhân và êlectron).

III - PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

1. Định nghĩa và đặc tính

Thực nghiệm chứng tỏ rằng, các hạt nhân có thể tương tác với nhau và biến thành những hạt nhân khác – những quá trình đó được gọi là phản ứng hạt nhân. Phản ứng hạt nhân thường chia làm hai loại.

a) *Phản ứng hạt nhân tự phát*

Quá trình tự phân rã của một hạt nhân không bền vững thành các hạt nhân khác. *Ví dụ :* quá trình phóng xạ (học trong các bài sau).

b) *Phản ứng hạt nhân kích thích*

Quá trình các hạt nhân tương tác với nhau tạo ra các hạt nhân khác. *Ví dụ :* phản ứng phân hạch – phản ứng nhiệt hạch (học trong các bài sau).

Để rõ hơn các đặc tính của phản ứng hạt nhân, ta hãy so sánh với các phản ứng hoá học.

Bảng 36.1

Phản ứng hoá học	Phản ứng hạt nhân
Biến đổi các phân tử	Biến đổi các hạt nhân
Bảo toàn các nguyên tử	Biến đổi các nguyên tố
Bảo toàn khối lượng nghỉ	Không bảo toàn khối lượng nghỉ

C1 Hãy giải thích rõ hơn Bảng 36.1.

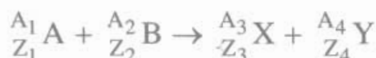


2. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

Tương tự như các quá trình tương tác cơ học của các hạt, các phản ứng hạt nhân tuân theo các định luật bảo toàn, trong số đó có bốn định luật bảo toàn cơ bản nhất thường hay sử dụng :

1. Bảo toàn điện tích.
2. Bảo toàn số nuclôn (bảo toàn số A).
3. Bảo toàn năng lượng toàn phần.
4. Bảo toàn động lượng.

Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân :



$$^{A_1}_{Z_1}A + ^{A_2}_{Z_2}B \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}X + ^{A_4}_{Z_4}Y$$

được thể hiện bằng các hệ thức sau :

– Định luật bảo toàn điện tích :

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 \quad \text{(các số Z có thể âm)}$$

– Định luật bảo toàn số nuclôn :

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4 \quad \text{(các số } A \text{ luôn không âm)}$$

Chú ý : Số hạt nơtron ($A - Z$) *không bảo toàn* trong phản ứng hạt nhân.

3. Năng lượng toả ra hay thu vào trong phản ứng hạt nhân

Do tính chất không bảo toàn khối lượng nghỉ nhưng lại bảo toàn năng lượng toàn phần của hệ trong các phản ứng hạt nhân, nên các phản ứng hạt nhân có thể toả ra năng lượng hoặc thu năng lượng tuỳ theo quan hệ so sánh giữa tổng khối lượng trước ($m_{trước}$) và tổng khối lượng sau (m_{sau}) phản ứng.

Nếu $m_{trước} > m_{sau}$ thì phản ứng toả năng lượng, năng lượng toả ra được tính bởi :

$$\mathbf{W_{toả} = W = (m_{trước} - m_{sau})c^2} \qquad (36.4)$$

Nếu $m_{trước} < m_{sau}$ thì $W < 0$ nghĩa là phản ứng thu năng lượng :

$$\mathbf{W_{thu} = |W| = -W} \qquad (36.5)$$

Điều này có nghĩa là muốn thực hiện được phản ứng hạt nhân thu năng lượng, phải cung cấp cho hệ một năng lượng đủ lớn.

- Lực tương tác giữa các nuclôn gọi là lực hạt nhân (tương tác hạt nhân hay tương tác mạnh).
- Năng lượng liên kết của một hạt nhân là năng lượng tối thiểu cần thiết phải cung cấp để tách các nuclôn ; nó được đo bằng tích của độ hụt khối với thừa số c^2 :

$$W_{lk} = \left[Zm_p + (A - Z)m_n - m_X\right]c^2 = \Delta mc^2$$

- Mức độ bền vững của một hạt nhân tuỳ thuộc vào năng lượng liên kết riêng : $\dfrac{W_{lk}}{A}$.
- Phản ứng hạt nhân là quá trình biến đổi của các hạt nhân, được chia thành hai loại :

– Phản ứng hạt nhân tự phát ;

– Phản ứng hạt nhân kích thích.

- Các định luật bảo toàn trong một phản ứng hạt nhân :

– Bảo toàn điện tích ;

– Bảo toàn số nuclôn (bảo toàn số A) ;

– Bảo toàn năng lượng toàn phần ;

– Bảo toàn động lượng.

- Năng lượng của một phản ứng hạt nhân :

$$W = (m_{\text{trước}} - m_{\text{sau}})c^2 \neq 0 \begin{cases} W > 0 \text{ toả năng lượng} \\ W < 0 \text{ thu năng lượng} \end{cases}$$

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

Năng lượng liên kết riêng

A. giống nhau với mọi hạt nhân.

B. lớn nhất với các hạt nhân nhẹ.

C. lớn nhất với các hạt nhân trung bình.

D. lớn nhất với các hạt nhân nặng.

2. Hãy chọn câu đúng.

Bản chất lực tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân là

A. lực tĩnh điện.

B. lực hấp dẫn.

C. lực điện từ.

D. lực tương tác mạnh.

3. Phạm vi tác dụng của lực tương tác mạnh trong hạt nhân là bao nhiêu ?

A. 10^{-13} cm. B. 10^{-8} cm.

C. 10^{-10} cm. D. Vô hạn.

4. Hạt nhân nào có năng lượng liên kết riêng lớn nhất ?

A. Heli. B. Cacbon.

C. Sắt. D. Urani.

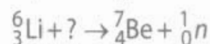
5. Năng lượng liên kết của ${}^{20}_{10}$Ne là 160,64 MeV.

Xác định khối lượng của nguyên tử ${}^{20}_{10}$Ne.

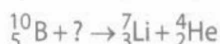
6. Khối lượng nguyên tử của ${}^{56}_{26}$Fe là 55, 934939u.

Tính W_{lk} và $\frac{W_{lk}}{A}$.

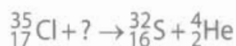
7. Hoàn chỉnh các phản ứng sau :



$${}^{6}_{3}\mathrm{Li} + ? \rightarrow {}^{7}_{4}\mathrm{Be} + {}^{1}_{0}n$$

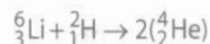


$${}^{10}_{5}\mathrm{B} + ? \rightarrow {}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$



$${}^{35}_{17}\mathrm{Cl} + ? \rightarrow {}^{32}_{16}\mathrm{S} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

8. Phản ứng :



$${}^{6}_{3}\mathrm{Li} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow 2({}^{4}_{2}\mathrm{He})$$

toả năng lượng 22,4 MeV. Tính khối lượng nguyên tử của ${}^{6}_{3}$Li. (Khối lượng của ${}^{2}_{1}$H và ${}^{4}_{2}$He lần lượt là 2,01400u và 4,00150u).

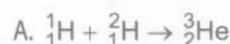
9. Chọn câu **sai**.

Trong một phản ứng hạt nhân, có bảo toàn

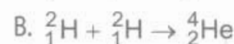
A. năng lượng. B. động lượng.

C. động năng. D. điện tích.

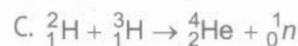
10. Phản ứng nào sau đây thu năng lượng ?



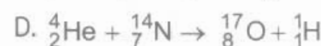
A. ${}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{He}$



B. ${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He}$



C. ${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}n$



D. ${}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{14}_{7}\mathrm{N} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}$

37 PHÓNG XẠ

Ngay từ cuối thế kỉ XIX, năm 1896 Béc-cơ-ren (Becquerel) tìm ra hiện tượng muối urani phát ra những tia có thể tác dụng lên kính ảnh. Béc-cơ-ren lại chứng minh được rằng đó không phải là hiện tượng phát tia Rơn-ghen và cũng không phải hiện tượng lân quang. Béc-cơ-ren đã đặt tên cho hiện tượng đó là *phóng xạ*. Tiếp theo đó, hai ông bà Pi-e Quy-ri (Curie) và Ma-ri Quy-ri lại tìm thêm được hai chất phóng xạ là pôlôni và rađi, trong đó rađi có tính phóng xạ mạnh hơn nhiều so với urani. Sau đó, người ta tìm ra hiện tượng *phóng xạ nhân tạo*. Vậy bản chất phóng xạ là gì ? Vai trò của nó trong khoa học và trong đời sống xã hội ra sao ?

I - HIỆN TƯỢNG PHÓNG XẠ

1. Định nghĩa hiện tượng phóng xạ

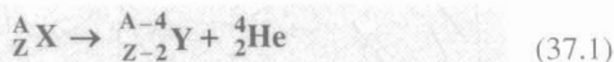
Phóng xạ là quá trình phân rã tự phát của một hạt nhân không bền vững (tự nhiên hay nhân tạo). Quá trình phân rã này kèm theo sự tạo ra các hạt và có thể kèm theo sự phát ra các bức xạ điện từ. Hạt nhân tự phân rã gọi là hạt nhân mẹ, hạt nhân được tạo thành sau phân rã gọi là hạt nhân con.

2. Các dạng phóng xạ

Tuỳ theo các tia phát ra, người ta phân loại các dạng phóng xạ như sau :

a) *Phóng xạ α*

Hạt nhân mẹ X phân rã tạo thành hạt nhân con Y, đồng thời phát ra tia phóng xạ α theo phản ứng sau :



$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He \quad (37.1)$$

Có thể viết gọn hơn : $^{A}_{Z}X \xrightarrow{\alpha} {}^{A-4}_{Z-2}Y$

Tia α là dòng các hạt nhân $^{4}_{2}He$ chuyển động với tốc độ vào cỡ 20 000 km/s. Quãng đường đi được của tia α trong không khí chừng vài xentimét và trong vật rắn chừng vài micrômét.

b) *Phóng xạ β^-*

Phóng xạ β^- là quá trình phát ra tia β^-. Tia β^- là dòng các êlectron ($^{0}_{-1}e$).

Dạng tổng quát của quá trình phóng xạ β^- như sau :



$$ {}_{Z}^{A}X \xrightarrow{\beta^-} {}_{Z+1}^{A}Y \qquad (37.2) $$

c) *Phóng xạ* β^+

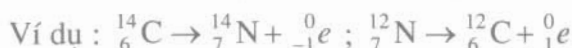
Phóng xạ β^+ là quá trình phát ra tia β^+. Tia β^+ là dòng các pôzitron (${}_{1}^{0}e$). Pôzitron có điện tích $+e$ và khối lượng bằng khối lượng êlectron. Nó là phản hạt của êlectron.

Dạng tổng quát của quá trình phóng xạ β^+ như sau :



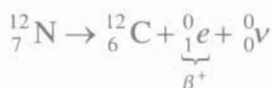
$$ {}_{Z}^{A}X \xrightarrow{\beta^+} {}_{Z-1}^{A}Y \qquad (37.3) $$

Trong hai quá trình trên có phát ra các hạt ${}_{-1}^{0}e$ và ${}_{1}^{0}e$ chuyển động với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng, tạo thành các tia β^- và β^+. Các tia này có thể truyền đi được vài mét trong không khí và vài milimét trong kim loại.



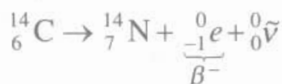
Ví dụ : ${}_{6}^{14}C \rightarrow {}_{7}^{14}N + {}_{-1}^{0}e$; ${}_{7}^{12}N \rightarrow {}_{6}^{12}C + {}_{1}^{0}e$

Tuy nhiên, khi đo đạc tính toán hai quá trình phóng xạ β^+ và β^-, các nhà Vật lí thấy rằng, định luật bảo toàn momen động lượng chưa thoả mãn. Điều đó có nghĩa là khi tính toán đã bỏ qua sự xuất hiện một hạt trong phản ứng phóng xạ. Đó là hạt có tên là nơtrinô, có khối lượng rất nhỏ, không tích điện, kí hiệu ${}_{0}^{0}\nu$ chuyển động với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng. Vậy ta phải viết phương trình mô tả quá trình phóng xạ β^+ :



$$ {}_{7}^{12}N \rightarrow {}_{6}^{12}C + \underbrace{{}_{1}^{0}e}_{\beta^+} + {}_{0}^{0}\nu $$

Với quá trình phóng xạ β^- ta có :



$$ {}_{6}^{14}C \rightarrow {}_{7}^{14}N + \underbrace{{}_{-1}^{0}e}_{\beta^-} + {}_{0}^{0}\tilde{\nu} $$

trong đó (${}_{0}^{0}\tilde{\nu}$ là phản hạt của nơtrinô).

d) *Phóng xạ* γ

Một số hạt nhân con sau quá trình phóng xạ α hay β^+, β^- được tạo ra trong trạng thái kích thích. Khi đó xảy ra tiếp quá trình hạt nhân đó chuyển từ trạng thái kích thích về trạng thái có

mức năng lượng thấp hơn, và phát ra bức xạ điện từ γ, còn gọi là tia γ. Các tia γ có thể đi qua được vài mét trong bê tông và vài xentimét trong chì.

II - ĐỊNH LUẬT PHÓNG XẠ

1. Đặc tính của quá trình phóng xạ

Các quá trình phóng xạ đã nêu ở trên :

a) Có bản chất là một quá trình *biến đổi hạt nhân*.

b) Có tính *tự phát* và *không điều khiển được*, nó không chịu tác động của các yếu tố thuộc môi trường ngoài như nhiệt độ, áp suất...

c) Là một quá trình *ngẫu nhiên* : với một hạt nhân phóng xạ cho trước, thời điểm phân rã của nó là không xác định. Ta chỉ có thể nói đến xác suất phân rã của hạt nhân đó. Như vậy ta không thể khảo sát sự biến đổi của một hạt nhân đơn lẻ. Tuy nhiên ta có thể khảo sát sự biến đổi thống kê của một số lớn hạt nhân phóng xạ.

2. Định luật phóng xạ

Ta xét một mẫu phóng xạ có N hạt nhân tại thời điểm t. Tại thời điểm $t + \mathrm{d}t$, số hạt nhân đó giảm đi và trở thành $N + \mathrm{d}N$ với $\mathrm{d}N < 0$.

Số hạt nhân đã phân rã trong khoảng thời gian $\mathrm{d}t$ là $-\mathrm{d}N$; số này tỉ lệ với khoảng thời gian $\mathrm{d}t$ và cũng tỉ lệ với số hạt nhân N có trong mẫu phóng xạ :

$$-\mathrm{d}N = \lambda N \mathrm{d}t \qquad (37.4)$$

trong đó λ là một hằng số dương gọi là *hằng số phóng xạ*, đặc trưng cho chất phóng xạ đang xét. Vậy ta có :

$$\frac{\mathrm{d}N}{N} = -\lambda \mathrm{d}t \qquad (37.5)$$

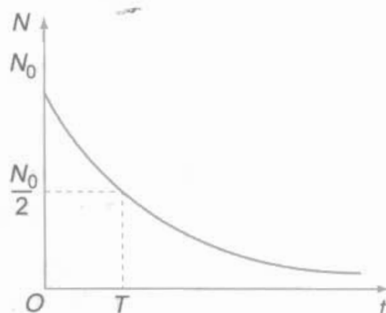
Gọi N_0 là số hạt nhân của mẫu phóng xạ tồn tại vào lúc $t = 0$, muốn tìm số hạt nhân N tồn tại vào lúc $t > 0$ ta phải tích phân phương trình trên (tích phân theo t từ 0 đến t):

$$\int_{N_0}^{N} \frac{\mathrm{d}N}{N} = -\int_{0}^{t} \lambda \mathrm{d}t$$

Kết quả tìm được :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (37.6)$$

Công thức (37.6) biểu diễn định luật phân rã phóng xạ. Ta nhận thấy số lượng các hạt nhân phóng xạ giảm theo hàm mũ. Quy luật phân rã này được biểu diễn bằng đồ thị trên Hình 37.1.



Hình 37.1

3. Chu kì bán rã

Một đại lượng khác đặc trưng cho chất phóng xạ là chu kì bán rã : Đó là thời gian qua đó số lượng các hạt nhân còn lại là 50% (nghĩa là phân rã 50%). Chu kì bán rã kí hiệu là T, được tính như sau :

$$N = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

Do đó : $e^{-\lambda T} = \frac{1}{2}$; $\lambda T = \ln 2 = 0,693$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (37.7)$$



 Chứng minh rằng, sau thời gian $t = xT$ thì số hạt nhân phóng xạ còn lại là :

$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

Bảng 37.1. Chu kì bán rã của một số chất phóng xạ.

Chất	Phóng xạ	Chu kì bán rã (T)
pôlôni $^{212}_{84}Po$	α	$3,0.10^{-7}$ s
nitơ $^{16}_{7}N$	β^-	7,2 s
rađon $^{220}_{86}Rn$	α	55 s
tali $^{210}_{81}Tl$	β^-	1,3 phút
chì $^{214}_{82}Pb$	β^-	26,8 phút
rađon $^{222}_{86}Rn$	α	3,8 ngày
iôt $^{131}_{53}I$	β^-	8,9 ngày
natri $^{22}_{11}Na$	β^+	2,6 năm
triti $^{3}_{1}H$	β^-	12,3 năm
cacbon $^{14}_{6}C$	β^-	$5,7.10^3$ năm
plutoni $^{239}_{94}Pu$	α	$2,4.10^4$ năm
urani $^{235}_{92}U$	α	$7,1.10^8$ năm
urani $^{238}_{92}U$	α	$4,5.10^9$ năm

III - ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ NHÂN TẠO

Ngoài các đồng vị phóng xạ có sẵn trong tự nhiên, người ta cũng chế tạo được nhiều đồng vị phóng xạ gọi là *đồng vị phóng xạ nhân tạo*. Các đồng vị phóng xạ có nhiều ứng dụng trong khoa học và công nghệ.

1. Phóng xạ nhân tạo và phương pháp nguyên tử đánh dấu

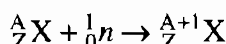
Ngày 11 tháng 1 năm 1934, hai ông bà Quy-ri đã làm thí nghiệm chiếu rọi tia α (phát ra bởi pôlôni) trong 10 phút vào một tấm nhôm dày 1 mm. Hai ông bà nhận thấy từ tấm nhôm phát ra tia phóng xạ β^+. Đó là hiện tượng *phóng xạ nhân tạo*. Nguyên tố nhôm qua phản ứng trên biến thành nguyên tố phóng xạ phôtpho :



$$^4_2\text{He} + ^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0n$$

Nguyên tố phóng xạ nhân tạo đầu tiên $^{30}_{15}\text{P}$ phân rã phóng xạ β^+ với chu kì bán rã T = 3 phút 15 giây.

Bằng phương pháp tạo ra phóng xạ nhân tạo, người ta đã tạo ra các hạt nhân phóng xạ của các nguyên tố X bình thường, không phải là chất phóng xạ theo sơ đồ tổng quát sau :

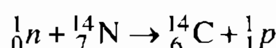


$$^A_Z\text{X} + ^1_0n \rightarrow ^{A+1}_{Z}\text{X}$$

$^{A+1}_{Z}\text{X}$ là đồng vị phóng xạ của X. Khi trộn lẫn với các hạt nhân bình thường không phóng xạ, các hạt nhân phóng xạ $^{A+1}_{Z}\text{X}$ được gọi là *các nguyên tử đánh dấu*, cho phép ta khảo sát sự tồn tại, sự phân bố, sự chuyển vận của nguyên tố X. Phương pháp nguyên tử đánh dấu có nhiều ứng dụng quan trọng trong sinh học, hoá học, y học...

2. Đồng vị ^{14}C, đồng hồ của Trái Đất

• Ở tầng cao khí quyển, trong thành phần của tia vũ trụ có các nơtron chậm (tốc độ vào cỡ vài trăm mét trên giây). Một nơtron chậm khi gặp hạt nhân $^{14}_7\text{N}$ (có trong khí quyển) tạo nên phản ứng :



$$^1_0n + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1p$$

$^{14}_6\text{C}$ là một đồng vị phóng xạ β^-, chu kì bán rã 5 730 năm.

• Trong khí quyển có cacbon điôxit : Trong số các hạt nhân cacbon ở đây có lẫn cả ${}^{12}_{6}C$ và ${}^{14}_{6}C$ (tỉ lệ không đổi : ${}^{14}_{6}C$ chiếm $10^{-6}\%$).

Các loài thực vật hấp thụ CO_2 trong không khí, trong đó có cacbon thường và cacbon phóng xạ với tỉ lệ $10^{-6}\%$. Khi loài thực vật ấy chết, không còn sự hấp thụ CO_2 trong không khí và ${}^{14}_{6}C$ không còn tái sinh trong thực vật đó nữa. Và vì ${}^{14}_{6}C$ phóng xạ, nên số lượng ${}^{14}_{6}C$ giảm dần trong thực vật đó. Nói cách khác, tỉ lệ $\frac{{}^{14}_{6}C}{{}^{12}_{6}C}$ trong loài thực vật đang xét giảm đi so với tỉ lệ đó trong không khí. So sánh hai tỉ lệ đó cho phép ta xác định thời gian từ lúc loài thực vật đó chết cho đến nay. Phương pháp này cho phép tính được các khoảng thời gian từ 5 đến 55 thế kỉ.

Phóng xạ là quá trình phân rã tự phát của một hạt nhân không bền vững.

Số hạt nhân phân rã của một nguồn giảm theo quy luật hàm số mũ :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Chu kì bán rã cho bởi :

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Các dạng phóng xạ :

– Phóng xạ α

– Phóng xạ β^-

– Phóng xạ β^+

– Phóng xạ γ

Phóng xạ γ thường xảy ra trong phản ứng hạt nhân, hoặc trong phóng xạ α hay β^-, β^+.

Phóng xạ tự nhiên và phóng xạ nhân tạo.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Một hạt nhân $^{A}_{Z}X$ phóng xạ α, β^-, β^+, γ, hãy hoàn chỉnh bảng sau :

Phóng xạ	Z		A	
	thay đổi	không đổi	thay đổi	không đổi
α β^- β^+ γ				

2. Hãy chọn câu đúng.

Quá trình phóng xạ hạt nhân

A. thu năng lượng.

B. toả năng lượng.

C. không thu, không toả năng lượng.

D. có trường hợp thu, có trường hợp toả năng lượng.

3. Trong số các tia : α, β^-, β^+ và γ, tia nào đâm xuyên mạnh nhất ? Tia nào đâm xuyên yếu nhất ?

4. Quá trình phóng xạ nào không có sự thay đổi cấu tạo hạt nhân ?

A. Phóng xạ α.

B. Phóng xạ β^-.

C. Phóng xạ β^+.

D. Phóng xạ γ.

5. Hãy chọn câu đúng.

Trong quá trình phóng xạ, số lượng hạt nhân phân rã giảm đi với thời gian *t* theo quy luật

A. $-\alpha t + \beta \quad (\alpha, \beta > 0)$

B. $\frac{1}{t}$

C. $\frac{1}{\sqrt{t}}$

D. $e^{-\lambda t}$

38 PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH

Như trên đã nói, năng lượng của các phản ứng hạt nhân đã tạo nên một nguồn năng lượng mới cho nhân loại. Những phản ứng hạt nhân nào đã được sử dụng ? Cách khai thác các nguồn năng lượng ấy ra sao ?

I - CƠ CHẾ CỦA PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH

1. Phản ứng phân hạch là gì ?

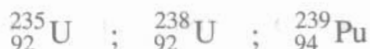
Phân hạch là phản ứng trong đó một hạt nhân nặng vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn. Hai mảnh này gọi là sản phẩm phân hạch hay "mảnh vỡ" của phân hạch. Phản ứng phân hạch tự phát cũng có thể xảy ra nhưng với xác suất rất nhỏ. Vì vậy ở đây ta chỉ quan tâm đến *các phản ứng phân hạch kích thích.*



C1 Quá trình phóng xạ α có phải là phân hạch hay không ?

2. Phản ứng phân hạch kích thích

Chúng ta xét các phản ứng phân hạch của các hạt nhân :



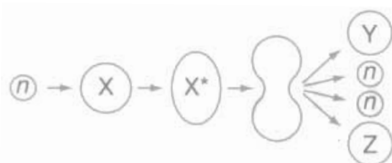
$$^{235}_{92}U \quad ; \quad ^{238}_{92}U \quad ; \quad ^{239}_{94}Pu$$

vì đó là những nhiên liệu cơ bản của công nghiệp năng lượng hạt nhân.

Các nhà vật lí đã tính toán rằng để tạo nên phản ứng phân hạch của hạt nhân X phải truyền cho X một năng lượng đủ lớn – giá trị tối thiểu của năng lượng này được gọi là *năng lượng kích hoạt*, vào cỡ vài MeV. Phương pháp dễ nhất để truyền năng lượng kích hoạt cho hạt nhân X là cho một nơtron bắn vào X để X "bắt" nơtron đó. Khi "bắt" nơtron, hạt nhân X chuyển sang một trạng thái kích thích, kí hiệu X^*. Trạng thái này không bền vững và kết quả xảy ra phân hạch.



C2 Tại sao không dùng prôtôn thay cho nơtron ?



Hình 38.1
Sơ đồ phản ứng phân hạch



$$n + X \rightarrow X^* \rightarrow Y + Z + kn \qquad (k = 1, 2, 3)$$

Ta thấy khi phân hạch, hạt nhân X^* vỡ thành hai mảnh kèm theo một vài nơtron phát ra.

Như vậy quá trình phân hạch của X là không trực tiếp mà phải qua trạng thái kích thích X^*.

II - NĂNG LƯỢNG PHÂN HẠCH

Ta xét các phản ứng phân hạch $^{235}_{92}U$ sau đây làm một ví dụ điển hình :



$$^1_0n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{236}_{92}U^* \rightarrow ^{95}_{39}Y + ^{138}_{53}I + 3^1_0n$$



$$^1_0n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{236}_{92}U^* \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{95}_{38}Sr + 2^1_0n$$

1. Phản ứng phân hạch toả năng lượng

Các phép tính toán chứng tỏ rằng phản ứng phân hạch trên đây là phản ứng toả năng lượng, năng lượng đó được gọi là *năng lượng phân hạch*.

Cụ thể trong phản ứng vỡ urani trên đây, năng lượng toả ra xấp xỉ bằng 210 MeV đối với một hạt nhân urani phân hạch.

Tính toán cụ thể cho thấy, sự phân hạch của 1g ^{235}U giải phóng một năng lượng bằng $8{,}5.10^{10}$ J, tương đương với năng lượng của 8,5 tấn than hoặc 2 tấn dầu toả ra khi cháy hết.

Kết quả nghiên cứu cho ta bảng phân bố của năng lượng giải phóng trong quá trình phân hạch của một hạt nhân urani tương ứng với các sản phẩm của phản ứng (Bảng 38.1).

Bảng 38.1

Năng lượng giải phóng ngay khi phân hạch (trong 10^{-14} s)	• Động năng của các mảnh : 167 MeV • Động năng của các nơtron : 5 MeV • Động năng của các phôtôn : 6 MeV
Năng lượng toả ra do phóng xạ của các mảnh	• Động năng của các êlectron : 8 MeV • Động năng của các γ : 6 MeV • Động năng của các nơtrinô : 12 MeV
Tổng năng lượng toả ra	204 MeV

2. Phản ứng phân hạch dây chuyền

Sự phân hạch của một hạt nhân ^{235}U có kèm theo sự giải phóng 2,5 nơtron (tính trung bình) với năng lượng lớn ; đối với hạt nhân ^{239}Pu, con số đó là 3.

Các nơtron này có thể kích thích các hạt nhân khác của chất phân hạch tạo nên những phản ứng phân hạch mới. Kết quả là các phản ứng phân hạch xảy ra liên tiếp tạo thành một phản ứng dây chuyền.

Giả sử sau một lần phân hạch, có k nơtron được giải phóng đến kích thích các hạt nhân ^{235}U khác tạo nên những phân hạch mới. Sau n lần phân hạch liên tiếp, số nơtron giải phóng là k^n và kích thích k^n phân hạch mới.

Khi $k < 1$ phản ứng phân hạch dây chuyền tắt nhanh.

Khi $k = 1$ phản ứng phân hạch dây chuyền tự duy trì và công suất phát ra không đổi theo thời gian.

Khi $k > 1$ phản ứng phân hạch dây chuyền tự duy trì, công suất phát ra tăng nhanh và có thể gây nên bùng nổ.

Muốn cho $k \geq 1$, khối lượng của chất phân hạch phải đủ lớn để số nơtron bị "bắt" nhỏ hơn nhiều so với số nơtron được giải phóng.

Khối lượng tối thiểu của chất phân hạch để phản ứng phân hạch dây chuyền duy trì được trong đó gọi là *khối lượng tới hạn*.

Với ^{235}U khối lượng tới hạn vào cỡ 15 kg, với ^{239}Pu vào cỡ 5 kg.

3. Phản ứng phân hạch có điều khiển

Phản ứng phân hạch này được thực hiện trong các *lò phản ứng hạt nhân*, tương ứng với trường hợp $k = 1$.

Để đảm bảo cho $k = 1$, người ta dùng những *thanh điều khiển* có chứa bo hay cađimi.

Vì bo hay cađimi có tác dụng hấp thụ nơtron nên khi số nơtron tăng quá nhiều người ta cho các thanh điều khiển ngập sâu vào trong lò để hấp thụ số nơtron thừa. Nhiên liệu phân hạch trong các lò phản ứng thường là ^{235}U hay ^{239}Pu.

Năng lượng toả ra từ lò phản ứng không đổi theo thời gian.

- **Phân hạch là sự vỡ của một hạt nhân nặng thành hai hạt nhân trung bình (kèm theo một vài nơtron phát ra).**
- **Phân hạch của ^{235}U dưới tác dụng của một nơtron toả ra năng lượng vào cỡ 200 MeV và được duy trì theo quá trình dây chuyền (trong điều kiện khối lượng ^{235}U đủ lớn). Các sản phẩm của phân hạch là những hạt nhân chứa nhiều nơtron và phóng xạ β^-.**
- **Phản ứng phân hạch dây chuyền có điều khiển được tạo ra trong lò phản ứng.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

?

1. So sánh quá trình phóng xạ α và quá trình phân hạch.

2. Căn cứ vào độ lớn của $\frac{W_{lk}}{A}$ chứng tỏ rằng, quá trình phân hạch thường chỉ xảy ra đối với các hạt nhân có số nuclôn lớn hơn hay bằng 200.

3. Chọn câu đúng.

   Phần lớn năng lượng giải phóng trong phân hạch là

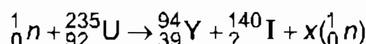
   A. động năng các nơtron phát ra.

   B. động năng các mảnh.

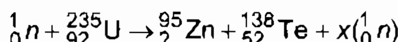
   C. năng lượng toả ra do phóng xạ của các mảnh.

   D. năng lượng các phôtôn của tia γ.

4. Hoàn chỉnh các phản ứng :

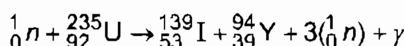


$${}_0^1n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_{39}^{94}Y + {}_{?}^{140}I + x({}_0^1n)$$



$${}_0^1n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_{?}^{95}Zn + {}_{52}^{138}Te + x({}_0^1n)$$

5. Xét phản ứng phân hạch :



$${}_0^1n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_{53}^{139}I + {}_{39}^{94}Y + 3({}_0^1n) + \gamma$$

   Tính năng lượng toả ra khi phân hạch một hạt nhân ^{235}U.

   Cho biết : ^{235}U = 234,99332 u

   ^{139}I = 138,89700 u

   ^{94}Y = 93,89014 u

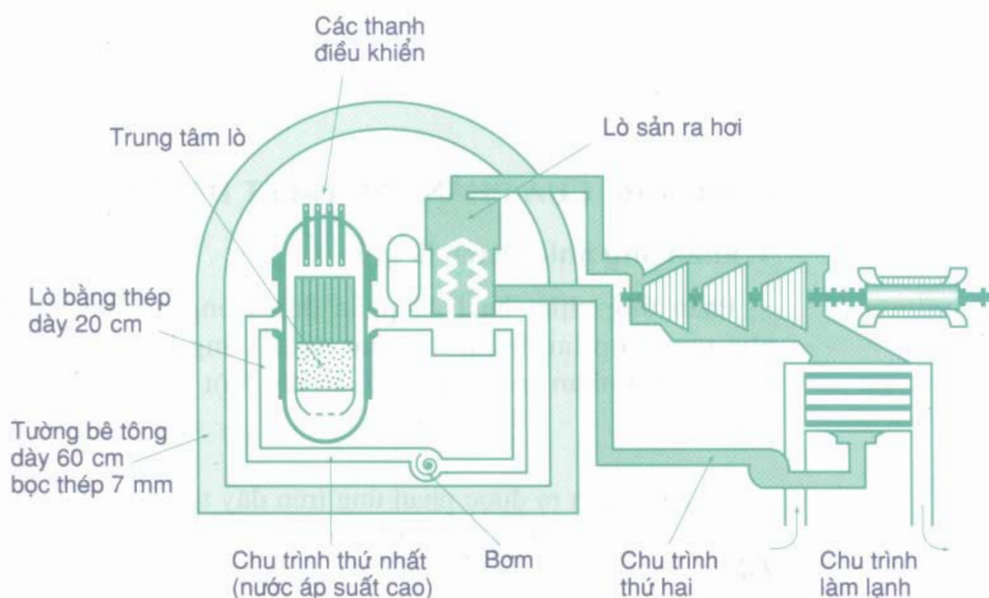
6. Tính năng lượng toả ra khi phân hạch 1 kg ^{235}U.

   Cho rằng mỗi phân hạch toả ra năng lượng 200 MeV.

BÀI ĐỌC THÊM

LÒ PHẢN ỨNG *PWR*

Trong lò phản ứng *PWR* (H.38.2), nhiên liệu sử dụng là urani đã làm giàu (urani tự nhiên chỉ chứa 0,7% ^{235}U, được "làm giàu" nghĩa là tăng hàm lượng đến 3% ^{235}U). Các phản ứng phân hạch chỉ xảy ra với các nơtron chậm. Muốn làm chậm các nơtron phát ra phải đưa vào giữa các tấm nhiên liệu (urani ôxit) một "chất làm chậm", ở đây là nước áp suất cao (155 atm/290°C).



Hình 38.2. Sơ đồ lò phản ứng PWR.

Các thanh điều khiển (thanh bo hay cađimi có đặc tính hấp thụ nơtron) có thể cắm sâu xuống hay rút lên tuỳ trường hợp muốn cho công suất lò giảm hay tăng.

Lò có các chu trình sau :

a) Chu trình thứ nhất khép kín chứa nước áp suất cao.

b) Chu trình thứ hai nhận nhiệt do chu trình thứ nhất chuyển sang. Lò này chứa nước ở 1 270°C và áp suất 56 atm, nước này được chuyển thành hơi làm quay tuabin của máy phát điện.

c) Chu trình thứ ba là chu trình làm lạnh có tác dụng biến đổi hơi nước thành nước.

Trung tâm của lò cùng với chu trình thứ nhất đều có phóng xạ cao, vì vậy được bảo vệ rất chắc chắn.

39 PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

Trong bài trước đã xét một dạng phản ứng hạt nhân toả năng lượng quan trọng - phản ứng vỡ hạt nhân (phân hạch).

Trong bài này xét dạng phản ứng hạt nhân theo một quá trình ngược lại - quá trình tổng hợp hạt nhân.

I - CƠ CHẾ CỦA PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

1. Phản ứng nhiệt hạch là gì ?

Phản ứng nhiệt hạch là phản ứng trong đó hai hạt nhân nhẹ tổng hợp lại thành một hạt nhân nặng hơn. Thường chỉ xét các hạt nhân có số $A \leq 10$. Ta lấy một ví dụ điển hình :



$$^{2}_{1}\text{H} + ^{3}_{1}\text{H} \rightarrow ^{4}_{2}\text{He} + ^{1}_{0}n$$

Dễ dàng tính ra được phản ứng trên đây toả năng lượng :

$$W_{\text{toả}} = 17{,}6 \text{ MeV/1hạt nhân.}$$

C1

C1 Hãy tìm ra kết quả này dựa vào các số liệu cho trong bảng ở cuối sách.

2. Điều kiện thực hiện

a) Để thực hiện được phản ứng nhiệt hạch trước hết phải biến đổi hỗn hợp nhiên liệu chuyển sang trạng thái plasma tạo bởi các hạt nhân và các êlectron tự do (đưa nhiệt độ lên khoảng 10^4 độ). Sau đó cần phải tạo điều kiện để các hạt nhân ban đầu lại gần nhau, tiếp xúc nhau. Muốn vậy phải tăng tốc các hạt nhân đó để chúng có động năng đủ lớn, thắng được lực đẩy Cu-lông (giữa hai hạt nhân tích điện dương). Khi khoảng cách hai hạt nhân ban đầu nhỏ đến cỡ 10^{-15} m thì lực hạt nhân phát huy tác dụng, vượt trội lực đẩy Cu-lông và xảy ra phản ứng nhiệt hạch. Người ta tính được rằng, để thực hiện được phản ứng nhiệt hạch phải cung cấp cho các hạt nhân ban đầu động năng vào cỡ 10^5 eV. Muốn vậy người ta đã dùng giải pháp tăng nhiệt độ của hỗn hợp plasma. Phép tính cho kết quả là nhiệt độ phải tăng lên đến cỡ 100 triệu độ.

b) Ngoài điều kiện nhiệt độ cao còn hai điều kiện nữa để cho phản ứng nhiệt hạch có thể xảy ra :

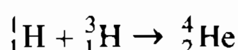
– Mật độ hạt nhân trong plasma (n) phải đủ lớn.

– Thời gian duy trì trạng thái plasma (τ) ở nhiệt độ cao (100 triệu độ) phải đủ lớn.

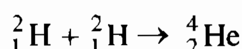
II - NĂNG LƯỢNG NHIỆT HẠCH

Năng lượng toả ra bởi các phản ứng nhiệt hạch được gọi là năng lượng nhiệt hạch.

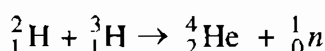
Người ta chủ yếu quan tâm đến các phản ứng trong đó các hạt nhân hiđrô tổng hợp thành hạt nhân heli.



$${}^{1}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He$$



$${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He$$



$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$

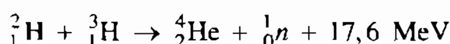
Các phép tính cho thấy rằng, năng lượng toả ra khi tổng hợp 1 g heli gấp 10 lần năng lượng toả ra khi phân hạch 1 g urani, gấp 85 lần năng lượng toả ra khi đốt 1 tấn than.

III - PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH TRÊN TRÁI ĐẤT

1. Trên Trái Đất, loài người đã tạo ra phản ứng nhiệt hạch khi thử quả bom H và đang nghiên cứu tạo ra phản ứng nhiệt hạch có điều khiển.

2. Phản ứng nhiệt hạch có điều khiển

Hiện nay, trong các trung tâm nghiên cứu đều sử dụng đến phản ứng :



$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 17,6 \text{ MeV}$$

Phản ứng này dễ thực hiện một cách đơn lẻ như sau : cho triti ở thể khí bay bám vào một tấm đồng ; các hạt nhân đơteri được gia tốc đến 2 MeV đập vào tấm bia ấy. Phản ứng nhiệt hạch xảy ra với dấu hiệu là sự phát ra hạt nơtron năng lượng xác định 14,1 MeV.

Nhưng muốn tạo ra phản ứng nhiệt hạch cho các hạt nhân $^{2}_{1}H$ và $^{3}_{1}H$ thì phải tiến hành hai việc :

a) Đưa tốc độ các hạt lên rất lớn. Việc này hiện nay có thể tiến hành theo ba cách :

– Đưa nhiệt độ lên cao ;

– Dùng các máy gia tốc ;

– Dùng chùm laze cực mạnh.

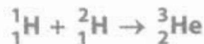
b) "Giam hãm" các hạt nhân đó trong một phạm vi không gian nhỏ hẹp để chúng có thể gặp nhau (trong khoảng thời gian đủ lớn theo tiêu chuẩn Lo-xơn) và gây ra phản ứng nhiệt hạch. Việc "giam hãm" hỗn hợp (D, T)(1) có thể tiến hành theo nhiều cách :

– Hỗn hợp (D, T) đựng trong một hòn bi thuỷ tinh đường kính 100 μm. Rọi vào đó chùm tia laze cực mạnh có thể "châm ngòi" cho phản ứng nhiệt hạch.

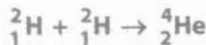
– "Giam hãm" bằng "bẫy từ" : Các hạt nhân D, T được đưa lên nhiệt độ cao (50 ÷ 100 triệu độ) có động năng rất lớn. Người ta cho các hạt nhân D, T này (đều tích điện dương) chuyển động trong lòng một ống dây điện hình xuyến. Dưới tác dụng của từ trường ống dây, các hạt nhân D và T chỉ chuyển động ở khoảng giữa trong lòng ống dây, nghĩa là đã bị "giam hãm" trong một khoảng không gian nhỏ. Tại đó dưới tác dụng của những chùm tia laze cực mạnh có thể tạo ra các phản ứng nhiệt hạch. Thiết bị đó có tên là TOKAMAK.

Phản ứng nhiệt hạch là quá trình trong đó hai hay nhiều hạt nhân nhẹ hợp lại thành một hạt nhân nặng hơn.

Thực tế chỉ quan tâm đến phản ứng nhiệt hạch tạo nên heli :



$$^{1}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He$$



$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He$$



$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

Điều kiện thực hiện phản ứng nhiệt hạch :

– Nhiệt độ cao (50 ÷ 100 triệu độ) ;

---

(1) Thực ra đây là hỗn hợp các hạt nhân $^{2}_{1}D$, $^{3}_{1}T$ và các êlectron – thường gọi là plasma.

Năng lượng nhiệt hạch là nguồn gốc năng lượng của hầu hết các sao.

Năng lượng nhiệt hạch trên Trái Đất, với những ưu việt không gây ô nhiễm (sạch) và nguyên liệu dồi dào sẽ là nguồn năng lượng của thế kỉ XXI.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Hãy nêu lên các điều kiện để phản ứng nhiệt hạch có thể xảy ra.

2. So sánh (định tính) phản ứng nhiệt hạch và phản ứng phân hạch về các đặc điểm :

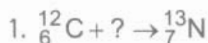
a) nhiên liệu phản ứng ;

b) điều kiện thực hiện ;

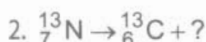
c) năng lượng toả ra ứng với cùng một khối lượng nhiên liệu ;

d) ô nhiễm môi trường.

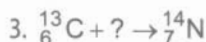
3. Trên một số sao người ta tìm thấy các hạt nhân cacbon có vai trò xuất phát điểm của một chuỗi phản ứng tổng hợp (được gọi là chu trình CNO). Hãy hoàn chỉnh các phản ứng đó.



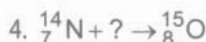
1. ${}^{12}_{6}C + ? \rightarrow {}^{13}_{7}N$



2. ${}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + ?$



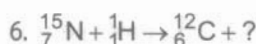
3. ${}^{13}_{6}C + ? \rightarrow {}^{14}_{7}N$



4. ${}^{14}_{7}N + ? \rightarrow {}^{15}_{8}O$

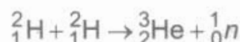


5. ${}^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + ?$



6. ${}^{15}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{12}_{6}C + ?$

4. Xét phản ứng



$${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$

a) Xác định năng lượng toả ra bởi phản ứng đó (tính ra MeV và ra J).

b) Tính khối lượng đơteri cần thiết để có thể thu được năng lượng nhiệt hạch tương đương với năng lượng toả ra khi đốt 1 kg than.

Cho biết : ${}^{2}_{1}H = 2,0135u$

${}^{3}_{2}He = 3,0149u$

${}^{1}_{0}n = 1,0087u$

Năng lượng toả ra khi đốt 1 kg than là 30 000 kJ.

Tổng kết chương VII — Hạt nhân nguyên tử

1. Hạt nhân của mỗi nguyên tử tạo bởi nuclôn (trong đó Z prôtôn và $A - Z$ nơtron).

Kí hiệu $^{A}_{Z}X$. Điện tích hạt nhân $+Ze$

2. Hệ thức Anh-xtanh : $E = mc^2$

3. Năng lượng liên kết của một hạt nhân :

$W_{lk} = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_X]c^2 = \Delta mc^2$

với Δm là độ hụt khối.

4. Lực tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân gọi là *tương tác mạnh* (lực hạt nhân). Loại tương tác này có bản chất khác với tương tác điện từ và tương tác hấp dẫn.

5. Quá trình biến đổi của hạt nhân được mô tả bằng phản ứng hạt nhân.

Trong một phản ứng hạt nhân có các định luật bảo toàn :

+ năng lượng toàn phần ;

+ động lượng ;

+ số nuclôn (số khối) ;

+ điện tích.

6. Năng lượng của một phản ứng hạt nhân :

$W = (m_{trước} - m_{sau})c^2$

$W > 0$: toả năng lượng

$W < 0$: thu năng lượng

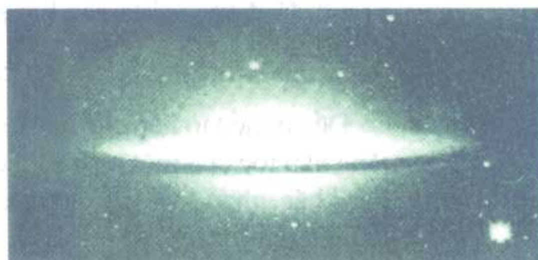
7. Các phản ứng hạt nhân toả năng lượng quan trọng (có nhiều ứng dụng).

Tự phát	Phóng xạ	α, β^-, β^+ } Có thể kèm theo phát xạ γ
Kích thích	Phân hạch : Sự vỡ hạt nhân nặng.	
	Nhiệt hạch : Tổng hợp các hạt nhân nhẹ (thường là tổng hợp ^3_2He, ^4_2He).	

CHƯƠNG VIII
Từ vi mô đến vĩ mô



Đường hầm nơi đặt máy gia tốc ở Trung tâm nghiên cứu hạt nhân châu Âu (CERN)



Hình ảnh thiên hà

- Các hạt sơ cấp.
- Hệ Mặt Trời.
- Các thiên hà.

40 CÁC HẠT SƠ CẤP

Từ phân tử, nguyên tử... đến hạt nhân, nuclôn, con người ngày càng đi sâu vào cấu tạo bên trong của vật chất. Con đường đó được tiếp tục như thế nào ?

I - KHÁI NIỆM HẠT SƠ CẤP

1. Hạt sơ cấp là gì ?

Qua những bài trên, chúng ta đã quen thuộc các hạt vi mô, có kích thước vào cỡ kích thước hạt nhân trở xuống, như : phôtôn (γ), êlectron (e^-), pôzitron (e^+), prôtôn (p), nơtron (n), nơtrinô (ν). Khi khảo sát quá trình biến đổi của những hạt đó, ta tạm thời không xét đến cấu tạo bên trong của chúng. Các hạt vi mô đó được gọi là các hạt sơ cấp.

2. Sự xuất hiện các hạt sơ cấp mới

Để có thể tạo nên các hạt sơ cấp mới, người ta làm tăng vận tốc của một số hạt và cho chúng bắn vào các hạt khác nhau. Vì vậy công cụ chủ yếu trong việc nghiên cứu các hạt sơ cấp là các máy gia tốc. Động năng của các hạt được gia tốc vào các năm 1960 ÷ 1970 là $10^6 \div 10^9$ eV, đến các năm 1990 ÷ 2000 là $10^9 \div 10^{10}$ eV.



C1 Phân tử, nguyên tử,... có phải là hạt sơ cấp không ?

3. Phân loại

Dựa vào độ lớn của khối lượng và đặc tính tương tác, các hạt sơ cấp được phân thành các loại sau đây :

a) *Phôtôn.*

b) Các *leptôn* (các hạt nhẹ) có khối lượng từ 0 đến $200m_e$: nơtrinô, êlectron, pôzitron, mêzôn μ. Riêng các hạt nơtrinô có khối lượng xấp xỉ bằng không, tốc độ chuyển động bằng tốc độ ánh sáng.

c) Các *hađrôn* : có khối lượng trên $200m_e$ và được phân thành ba nhóm con :

- *Mêzôn π, K :* có khối lượng trên $200m_e$, nhưng nhỏ hơn khối lượng nuclôn ;
- *Nuclôn p, n.*
- *Hipêron* có khối lượng lớn hơn khối lượng nuclôn.

Nhóm các nuclôn và hipêron còn được gọi là *barion.*

II - TÍNH CHẤT CỦA CÁC HẠT SƠ CẤP

1. Thời gian sống (trung bình)

Một số ít hạt sơ cấp là bền (thời gian sống ~ ∞) còn đa số là không bền : chúng tự phân rã và biến thành hạt sơ cấp khác.

Ví dụ :

$$n \rightarrow p + e^- + \tilde{\nu}_e$$

$$n \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

($\tilde{\nu}_e$ là phản hạt của ν_e)

2. Phản hạt

Mỗi hạt sơ cấp có một *phản hạt* tương ứng. Phản hạt của một hạt sơ cấp có cùng khối lượng nhưng điện tích trái dấu và cùng giá trị tuyệt đối.

Trường hợp hạt sơ cấp không mang điện như nơtron thì thực nghiệm chứng tỏ nơtron vẫn có *momen từ khác không* ; khi đó phản hạt của nơtron là hạt sơ cấp có cùng khối lượng như nơtron nhưng có momen từ ngược hướng và cùng độ lớn.

Bảng 40.1 : Một số phản hạt.

Hạt	p	n	e^-	e^+	μ^-	π^+	π^0	γ
Phản hạt	$\tilde{p}$	$\tilde{n}$	e^+	e^-	μ^+	π^-	π^0	γ

III - TƯƠNG TÁC CỦA CÁC HẠT SƠ CẤP

Các hạt sơ cấp luôn biến đổi và tương tác với nhau. Các quá trình đó xảy ra muôn hình muôn vẻ ; tuy nhiên người ta chứng minh được rằng chúng đều quy về bốn loại tương tác cơ bản sau đây :

1. Tương tác điện từ

Tương tác điện từ là tương tác giữa phôtôn và các hạt mang điện và giữa các hạt mang điện với nhau. Tương tác này là bản chất của các lực Cu-lông, lực điện từ, lực Lo-ren,...

2. Tương tác mạnh

Tương tác mạnh là tương tác giữa các hađrôn ; không kể các quá trình phân rã của chúng. Một trường hợp riêng của tương tác mạnh là lực hạt nhân.

3. Tương tác yếu. Các leptôn

Đó là tương tác giữa các leptôn, *ví dụ :* các quá trình phân rã β^+, β^- :

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$$

$$n \rightarrow p + e^- + \tilde{\nu}_e$$

4. Tương tác hấp dẫn là tương tác giữa các hạt (các vật) có khối lượng khác không. *Ví dụ :* trọng lực, lực hút giữa Trái Đất và Mặt Trăng, giữa Mặt Trời và các hành tinh,...

Các hạt sơ cấp gồm :

– phôtôn

– leptôn

– hađrôn { **+ mêzôn**, **+ barion** }

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. So sánh năng lượng liên kết của êlectron trong nguyên tử hiđrô và năng lượng liên kết của một prôtôn trong hạt nhân ^4_2He.

2. Leptôn là gì ? Đặc tính chung của các leptôn. Các leptôn tham gia những quá trình tương tác nào ?



3. Phân loại các tương tác sau :

a) lực ma sát ; b) lực liên kết hoá học ;

c) trọng lực ; d) lực Lo-ren ;

e) lực hạt nhân ;

f) lực liên kết trong phân rã β.

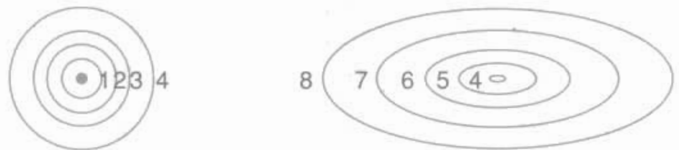
Bảng 40.2 : Một số hạt sơ cấp

Phân loại và tên	Khối lượng		Điện tích $\frac{q}{e}$	Thời gian sống (s)
	Tính ra m_e	Tính ra MeV/c^2		
phôtôn	0	0	0	∞
leptôn				
nơtrinô	0	0	0	∞
êlectron e^-	1	0,511	−1	∞
muyôn μ^-	206,7	105,639	−1	$2{,}2.10^{-6}$
hađrôn				
mêzôn π^o	264,2	135,01	0	$0{,}8.10^{-16}$
mêzôn $\pi^{\pm}$	273,2	139,60	±1	$2{,}6.10^{-8}$
mêzôn K^+	965	493	+1	$1{,}2.10^{-8}$
mêzôn K^o	966	497	0	$\begin{cases} 5.10^{-8} \\ 10^{-10} \end{cases}$
nuclôn p	1836,1	938,256	+1	$> 10^{39}$
n	1838,6	939,550	0	932
hipêron				
Λ^o	2182	1115,40	0	$2{,}6.10^{-10}$
Σ^+	2320	1189	+1	$0{,}8.10^{-10}$
Σ^o	2324	1192	0	$7{,}4.10^{-20}$
Σ^-	2341	1197	−1	$1{,}48.10^{-10}$

41 CẤU TẠO VŨ TRỤ

Vũ trụ quanh ta có cấu tạo như thế nào ?

I - HỆ MẶT TRỜI



Hình 41.1

Quỹ đạo của : 1. Thuỷ tinh ; 2. Kim tinh ; 3. Trái Đất ; 4. Hoả tinh ; 5. Mộc tinh ; 6. Thổ tinh ; 7. Thiên Vương tinh ; 8. Hải Vương tinh.

Các thành phần cấu tạo chính của hệ Mặt Trời gồm Mặt Trời, các hành tinh và các vệ tinh.

1. Mặt Trời

Mặt Trời là thiên thể trung tâm của hệ Mặt Trời. Nó có bán kính lớn hơn 109 lần bán kính Trái Đất ; khối lượng bằng 333 000 lần khối lượng Trái Đất.

Lực hấp dẫn của Mặt Trời đóng vai trò quyết định đến sự hình thành, phát triển và chuyển động của hệ.

Mặt Trời là một quả cầu khí nóng sáng với khoảng 75% là hiđrô và 23% là heli. Nhiệt độ mặt ngoài của Mặt Trời là 6 000 K và nhiệt độ trong lòng lên đến hàng chục triệu độ. Mặt Trời là nguồn cung cấp năng lượng chính cho cả hệ. Công suất phát xạ của Mặt Trời lên đến $3,9.10^{26}$ W. Nguồn năng lượng của Mặt Trời là phản ứng nhiệt hạch, trong đó các hạt nhân hiđrô được tổng hợp thành hạt nhân heli.

Một vài số liệu về Trái Đất

– Bán kính : 6 400 km

– Khối lượng : $5,98.10^{24}$ kg

– Bán kính quỹ đạo quanh Mặt Trời : 150.10^{6} km

– Khối lượng riêng trung bình : 5 515 kg/m^{3}

– Chu kì quay quanh trục : 23 giờ 56 phút 04 giây

– Chu kì quay quanh Mặt Trời : 365,2422 ngày

– Góc nghiêng giữa trục quay và pháp tuyến của mặt phẳng quỹ đạo : 23°27'.

Khoảng cách 150.10^{6} km được lấy làm đơn vị đo độ dài trong thiên văn, gọi là đơn vị thiên văn (đvtv).

2. Các hành tinh

Có 8 hành tinh, theo thứ tự từ trong ra ngoài : Thuỷ tinh, Kim tinh, Trái Đất, Hoả tinh, Mộc tinh, Thổ tinh, Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh. Chúng chuyển động quanh Mặt Trời theo cùng một chiều, trùng với chiều quay của bản thân Mặt Trời quanh mình nó. Quỹ đạo của các hành tinh gần như những vòng tròn, nghiêng góc với nhau rất ít. Do đó có thể coi như hệ Mặt Trời có cấu trúc hình đĩa phẳng.

Xung quanh mỗi hành tinh có các vệ tinh. Chúng chuyển động hầu như trên cùng một mặt phẳng quanh hành tinh. Hệ thống gồm một hành tinh và các vệ tinh của nó là một cấu trúc hệ thống nhỏ nhất của thế giới vĩ mô.

Các hành tinh được chia thành hai nhóm : nhóm Trái Đất và nhóm Mộc tinh.

Các hành tinh nhóm Trái Đất gồm : Thuỷ tinh, Kim tinh, Trái Đất và Hoả tinh. Đó là các hành tinh "nhỏ", nhưng là các hành tinh rắn, có khối lượng riêng tương đối lớn. Tuy nhiên mỗi hành tinh trong nhóm lại chỉ có rất ít (hoặc không có) vệ tinh. Vì chúng ở gần Mặt Trời nên nhiệt độ bề mặt của chúng tương đối cao.

Nhóm Mộc tinh gồm : Mộc tinh, Thổ tinh, Hải Vương tinh và Thiên Vương tinh. Chúng là các hành tinh "lớn". Khối lượng riêng của chúng rất nhỏ. Có thể chúng là một khối khí hoặc một nhân rắn hoặc lỏng, bao bọc xung quanh là một lớp khí rất dày. Chúng có rất nhiều vệ tinh. Ngoài ra xung quanh chúng có một vành đai rất rộng và rất mỏng tạo bởi các hạt bụi, riêng vành đai Thổ tinh có thể nhìn thấy qua kính thiên văn ở mặt đất, trông như chiếc vành mũ của người Mê-hi-cô (H.41.2).

Vì các hành tinh này ở rất xa Mặt Trời, nên nhiệt độ bề mặt của chúng rất thấp (thường xuyên dưới âm 100ºC).

Bảng 41.1

Một vài đặc trưng của các hành tinh

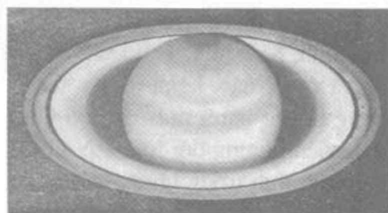
Hành tinh	*m*	*R*	*n*
Thuỷ tinh	0,055	0,39	0
Kim tinh	0,81	0,72	0
Trái Đất	1	1	1
Hoả tinh	0,11	1,52	2
Mộc tinh	318	5,20	63
Thổ tinh	95	9,54	34
Thiên Vương tinh	15	19,2	27
Hải Vương tinh	17	30,0	13

m : khối lượng so với Trái Đất ;
R : bán kính quỹ đạo tính theo đvtv ;
n : số vệ tinh đã biết (số liệu năm 2007)

3. Các tiểu hành tinh

Xuất phát từ việc nghiên cứu quy luật biến thiên của bán kính quỹ đạo các hành tinh, người ta thấy rằng có thể xếp các bán kính này thành một chuỗi có quy luật nhất định. Tuy nhiên có một số hạng trong chuỗi không ứng với bán kính quỹ đạo của một hành tinh nào cả. Đó là số hạng có giá trị 2,8 đvtv, trung gian giữa bán kính quỹ đạo của Hoả tinh và Mộc tinh.

Sau này, quan sát bằng kính thiên văn người ta đã phát hiện ra một số hành tinh có đường kính vài trăm kilômét và rất nhiều các hành tinh có bán kính từ vài kilômét đến vài chục kilômét chuyển động quanh Mặt Trời trên các quỹ đạo có bán kính từ 2,2 đến 3,6 đvtv. Các hành tinh này gọi là các tiểu hành tinh. Có lẽ các tiểu hành tinh là mảnh vỡ của một hành tinh lớn nào đó chuyển động trên quỹ đạo có bán kính 2,8 đvtv nói ở trên.



Hình 41.2
Thổ tinh



Hình 41.3
Hình dạng sao chổi

4. Sao chổi và thiên thạch

a) Sao chổi là những khối khí đóng băng lẫn với đá, có đường kính vài kilômét, chuyển động xung quanh Mặt Trời theo những quỹ đạo hình elip rất dẹt mà Mặt Trời là một tiêu điểm. Điểm gần Mặt Trời nhất của quỹ đạo sao chổi có thể giáp với quỹ đạo Thuỷ tinh, điểm xa nhất có thể vượt ra ngoài quỹ đạo của Thiên Vương tinh.

Chu kì chuyển động của sao chổi quanh Mặt Trời khoảng từ vài năm đến trên 150 năm. Phần lớn thời gian, sao chổi chuyển động trên phần quỹ đạo ở xa Mặt Trời, nên nhiệt độ của nó rất thấp và các chất trong sao bị đóng băng hết. Thời gian sao chổi chuyển động trên phần quỹ đạo gần Mặt Trời chỉ vào khoảng vài tháng hoặc vài tuần. Lúc này nhiệt độ của sao lên rất cao. Vật chất trong sao bị nóng sáng và bay hơi. Đám khí và bụi bao quanh sao bị áp suất do ánh sáng Mặt Trời gây ra đẩy dạt về phía đối diện với Mặt Trời, tạo thành một cái đuôi có dạng như một cái chổi (H.41.3). Bụi và khí trong đuôi phản xạ và tán xạ ánh sáng Mặt Trời nên ở trên Trái Đất ta sẽ nhìn thấy cả đầu và đuôi sao chổi. Trong đầu sao chổi có một cái nhân chưa bị bay hơi.

Vì mỗi lần lại gần Mặt Trời, sao chổi bị mất rất nhiều vật chất, nên chỉ những sao chổi lớn mới tồn tại được lâu.

b) Thiên thạch là những tảng đá chuyển động quanh Mặt Trời. Số thiên thạch nhiều không kể xiết. Chúng chuyển động theo rất nhiều quỹ đạo khác nhau. Có cả những dòng thiên thạch. Khi một thiên thạch bay gần một hành tinh nào đó thì nó sẽ bị hút và xảy ra sự va chạm của thiên thạch với hành tinh.

Trường hợp một thiên thạch bay vào bầu khí quyển của Trái Đất thì nó sẽ bị ma sát mạnh, nóng sáng và bốc cháy, để lại một vết sáng dài mà ta gọi là sao băng.

Sao chổi và thiên thạch cũng là những thành viên của hệ Mặt Trời.

II - CÁC SAO VÀ THIÊN HÀ

1. Các sao

a) Mỗi ngôi sao trên bầu trời mà ta nhìn thấy về ban đêm thực chất là một khối khí nóng sáng như Mặt Trời. Vì khoảng cách từ Trái Đất đến các ngôi sao quá lớn (sao gần nhất cũng cách ta trên bốn năm ánh sáng), nên chúng ta chỉ thấy mỗi sao là một chấm sáng, dù có dùng kính thiên văn có số bội giác lớn nhất. Nếu kể cả những ngôi sao có độ sáng rất nhỏ, chỉ có thể phát hiện được bằng kính thiên văn, thì số sao lên đến hàng trăm tỉ.

Năm ánh sáng là một đơn vị đo khoảng cách trong thiên văn. Nó bằng quãng đường mà ánh sáng truyền được trong 1 năm. Tốc độ ánh sáng là $c = 3.10^8$ m/s.

b) Nhiệt độ ở trong lòng các sao lên đến hàng chục triệu độ, trong đó xảy ra các phản ứng nhiệt hạch. Tuy nhiên sự mãnh liệt của các phản ứng này ở mỗi sao một khác. Điều đó làm cho nhiệt độ mặt ngoài của các sao rất khác nhau. Sao nóng nhất có nhiệt độ mặt ngoài lên đến 50 000 K ; nhìn từ Trái Đất ta thấy sao đó có màu xanh lam. Sao nguội nhất có nhiệt độ mặt ngoài là 3 000 K ; sao này có màu đỏ. Mặt Trời có nhiệt độ mặt ngoài là 6 000 K ; nó có màu vàng.

c) Điều đặc biệt là khối lượng của các sao mà ta xác định được nằm trong khoảng từ 0,1 đến vài chục lần (đa số là 5 lần) khối lượng Mặt Trời. Trong khi đó thì bán kính các sao mà ta đã xác định được lại biến thiên trong khoảng rất rộng. Những sao có nhiệt độ bề mặt cao nhất có bán kính chỉ bằng một phần trăm hay một phần nghìn lần bán kính Mặt Trời ; đó là những sao trắt. Ngược lại, những sao có nhiệt độ mặt ngoài thấp nhất lại có bán kính lớn gấp hàng nghìn lần bán kính Mặt Trời ; đó là những sao kềnh.

d) Ngoài ra, người ta còn phát hiện được hàng vạn cặp sao có khối lượng tương đương với nhau, quay xung quanh một khối tâm chung, đó là những sao đôi. Quan sát các sao đôi từ Trái Đất, ta sẽ thấy độ sáng của chúng tăng giảm một cách tuần hoàn theo thời gian. Đó là vì trong khi chuyển động, có những lúc chúng che khuất lẫn nhau.

e) Trên đây là những sao đang ở trong trạng thái ổn định. Bên cạnh đó còn có những sao đang ở trong trạng thái biến đổi rất mạnh : Các sao mới có độ sáng đột nhiên tăng lên hàng vạn lần và các sao siêu mới có độ sáng đột nhiên tăng lên hàng triệu lần. Sự tăng đột ngột của độ sáng là kết quả của các vụ nổ xảy ra trong lòng các sao này, kèm theo sự phóng ra các dòng vật chất rất mạnh.

Ngoài ra còn có những sao không phát sáng : Các punxa và các lỗ đen (còn gọi là hốc đen).

Punxa là sao phát ra sóng vô tuyến rất mạnh. Người ta phát hiện ra chúng nhờ dùng các kính thiên văn vô tuyến. Punxa được cấu tạo toàn bằng nơtron. Chúng có một từ trường rất mạnh và quay rất nhanh quanh một trục.

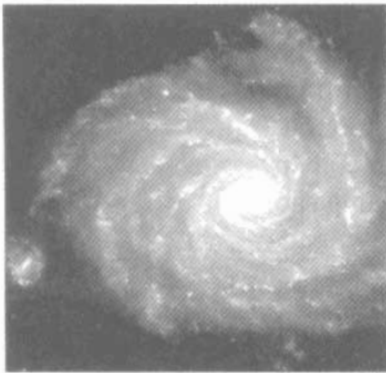


Hình 41.4
Thiên hà Tiên Nữ

Lỗ đen cũng được cấu tạo từ nơtron, nhưng những nơtron này được xếp khít chặt với nhau tạo ra một loại chất có khối lượng riêng rất lớn. Kết quả là gia tốc trọng trường ở gần lỗ đen lớn đến nỗi ngay cả các phôtôn rơi vào đó cũng bị lỗ đen hút vào. Lỗ đen không bức xạ bất kì một loại sóng điện từ nào. Người ta phát hiện ra lỗ đen nhờ tia X mà nó phát ra khi "hút" một thiên thể gần nó.

f) Ngoài ra ta còn thấy có những "đám mây" sáng. Đó là các tinh vân. Tinh vân là các đám bụi khổng lồ được rọi sáng bởi các ngôi sao gần đó hoặc những đám khí bị ion hoá được phóng ra từ một sao mới hay siêu mới.

Tất cả các vật thể nêu ở trên đều là thành viên của một hệ thống sao vĩ đại gọi là thiên hà.



Hình 41.5

2. Thiên hà

a) Thiên hà là một hệ thống gồm nhiều loại sao và tinh vân. Tổng số sao trong một thiên hà có thể lên đến vài trăm tỉ. Trong những kính thiên văn lớn, ảnh của các sao chỉ là những chấm sáng, còn ảnh của các thiên hà lại có hình dạng nhất định, mặc dù khoảng cách từ các sao đến ta rất nhỏ so với khoảng cách từ các thiên hà đến ta.

b) Thiên hà gần ta nhất là thiên hà Tiên Nữ (H.41.4) cũng cách chúng ta hai triệu năm ánh sáng. Ngày nay, người ta đã chụp ảnh được khoảng một tỉ thiên hà khác nhau.



Hình 41.6

c) Đa số thiên hà có dạng hình xoắn ốc (H.41.5). Một số có dạng elipxôit (H.41.6). Một số ít có dạng không xác định. Đường kính của thiên hà vào khoảng 100 000 năm ánh sáng.

3. Thiên Hà của chúng ta : Ngân Hà

a) Hệ Mặt Trời là thành viên của một thiên hà mà ta gọi là Ngân Hà. Sở dĩ có tên gọi này vì vào những đêm trời trong, không trăng, ta thấy có một dải sáng vắt ngang bầu trời mà ta gọi là dải Ngân Hà (hay sông Ngân). Nếu quan sát kĩ ta sẽ thấy dải Ngân Hà được cấu tạo từ vô vàn những ngôi sao. Dải Ngân Hà có chỗ rộng, chỗ hẹp. Chỗ rộng nhất, phình to, có mật độ sao dày đặc, nằm ở vùng chòm sao Nhân Mã, "sau lưng" chòm sao Thần Nông. Dải Ngân Hà mà ta thấy trên bầu trời chính là hình ảnh của một thiên hà mà chúng ta nhìn thấy khi chúng ta đứng ở một điểm bên trong và gần mép của nó.

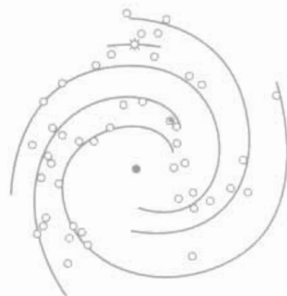
b) Căn cứ vào hình ảnh của dải Ngân Hà và vào kết quả đo khoảng cách đến các sao trong Ngân Hà, các nhà thiên văn đã xây dựng được một mô hình Ngân Hà. Ngân Hà có dạng hình đĩa, phần giữa phồng to, ngoài mép dẹt (H.41.7). Đường kính của Ngân Hà vào khoảng 100 000 năm ánh sáng. Bề dày của chỗ phồng to nhất vào khoảng 15 000 năm ánh sáng.



Hình 41.7.

c) Hệ Mặt Trời nằm trên mặt phẳng qua tâm và vuông góc với trục của Ngân Hà và cách tâm một khoảng cỡ $\frac{2}{3}$ bán kính của nó.

d) Những nghiên cứu tỉ mỉ đã cho thấy Ngân Hà cũng có cấu trúc dạng xoắn ốc. Hình 41.8 là hình vẽ phác cấu trúc của Ngân Hà.



Hình 41.8

4. Các đám thiên hà

Các thiên hà có xu hướng tập hợp với nhau thành đám. Ngân Hà của chúng ta là thành viên của một đám gồm 20 thiên hà. Đến nay người ta đã phát hiện được khoảng năm chục đám thiên hà. Khoảng cách giữa các đám lớn gấp vài chục lần khoảng cách giữa các thiên hà trong cùng một đám.

5. Các quaza (quasar)

Vào đầu những năm 1960, người ta đã phát hiện ra một loại cấu trúc mới, nằm ngoài các thiên hà,

phát xạ mạnh một cách bất thường các sóng vô tuyến và tia X; đặt tên là các quaza. Điều đặc biệt là công suất phát xạ của các quaza lớn đến mức mà người ta cho rằng các phản ứng nhiệt hạch không đủ để cung cấp năng lượng cho quá trình phát xạ này. Ở các khoảng cách càng xa Ngân Hà thì mật độ quaza càng lớn. Các sự kiện này được dùng làm cơ sở thực nghiệm cho thuyết Vụ nổ lớn (Big Bang).

Vũ trụ có cấu tạo gồm các thiên hà và các đám thiên hà. Nhiều thiên hà có dạng xoắn ốc phẳng. Thiên Hà của chúng ta gọi là Ngân Hà và cũng có dạng nói trên.

Trong mỗi thiên hà có khoảng một trăm tỉ ngôi sao và tinh vân. Có sao đang ổn định, có sao mới, sao siêu mới, punxa và lỗ đen.

Mặt Trời là một ngôi sao màu vàng, có nhiệt độ bề mặt 6000 K. Xung quanh Mặt Trời có các hành tinh, tiểu hành tinh, sao chổi và thiên thạch.

Xung quanh hành tinh có các vệ tinh.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Trình bày cấu tạo của hệ Mặt Trời.
2. Mặt Trời có vai trò gì trong hệ Mặt Trời ?
3. Phân biệt hành tinh và vệ tinh.
4. Tiểu hành tinh là gì ?
5. Những hành tinh nào thuộc nhóm Trái Đất và những hành tinh nào thuộc nhóm Mộc tinh ? Nêu những đặc điểm chung của các hành tinh trong mỗi nhóm.
6. Sao chổi, thiên thạch, sao băng là gì ? Sao băng có phải là một thành viên của hệ Mặt Trời hay không ?
7. Thiên hà là gì ? Đa số thiên hà thường có dạng cấu trúc nào ? Nêu những thành viên của một thiên hà.
8. Ngân Hà có hình dạng gì ? Hệ Mặt Trời ở vị trí nào trong Ngân Hà ?

▼

9. Người ta dựa vào đặc điểm nào dưới đây để phân các hành tinh trong hệ Mặt Trời làm hai nhóm ?

A. Khoảng cách đến Mặt Trời.

B. Nhiệt độ bề mặt hành tinh.

C. Số vệ tinh nhiều hay ít.

D. Khối lượng.

10. Hãy chỉ ra cấu trúc không là thành viên của một thiên hà.

A. Sao siêu mới. B. Punxa.

C. Lỗ đen. D. Quaza.

11. Khoảng cách từ Mặt Trăng và Trái Đất đến Mặt Trời coi như bằng nhau. Khoảng cách từ Mặt Trời đến Trái Đất coi như bằng 300 lần khoảng cách từ Mặt Trăng đến Trái Đất. Khối lượng Mặt Trời coi như bằng 300 000 lần khối lượng Trái Đất. Xét các lực hấp dẫn mà Mặt Trời và Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng. Lực nào lớn hơn và lớn hơn bao nhiêu lần ?

A. Hai lực bằng nhau.

B. Lực hút do Mặt Trời nhỏ hơn.

C. Lực hút do Mặt Trời bằng $\frac{3}{10}$ lực hút do Trái Đất.

D. Lực hút do Mặt Trời bằng $\frac{10}{3}$ lực hút do Trái Đất.

12. Nêu những sự tương tự và những sự khác biệt về cấu trúc giữa hệ Mặt Trời và nguyên tử nêon.

13. Có phải tất cả các sao mà ta nhìn thấy từ Trái Đất đều thuộc Ngân Hà hay không ? Tại sao các sao nằm ngoài dải Ngân Hà cũng thuộc Ngân Hà ?

BÀI ĐỌC THÊM

SỰ CHUYỂN ĐỘNG VÀ TIẾN HOÁ CỦA VŨ TRỤ

1. Sự chuyển động quanh các tâm

Một quy luật rất phổ biến của các hệ thống cấu trúc trong thế giới vĩ mô là các thành viên trong một hệ thống chuyển động quanh một thiên thể hoặc khối trung tâm. Chuyển động này bị chi phối bởi lực vạn vật hấp dẫn và tuân theo các định luật Kê-ple[1].

Các vệ tinh quay quanh hành tinh. Thậm chí những tảng đá nhỏ trong vành đai của Thổ tinh cũng quay quanh hành tinh này theo đúng định luật Kê-ple.

Các hành tinh quay quanh một sao ở trung tâm. Trái Đất quay quanh Mặt Trời với chu kì 365,2422 ngày và với tốc độ dài cỡ 30 km/s.

Toàn bộ các sao trong một thiên hà cũng quay xung quanh trung tâm thiên hà. Dựa vào việc nghiên cứu quang phổ của các sao trong dải Ngân Hà, người ta đã xác định được tốc độ của chúng và đã chứng minh được là toàn bộ Ngân Hà đang quay quanh tâm của nó. Hệ Mặt Trời quay quanh tâm Ngân Hà với tốc độ vào cỡ 250 km/s.

2. Sự nở của vũ trụ

Những bằng chứng về sự nở của vũ trụ :

Vào những năm 20 của thế kỉ XX, khi nghiên cứu mối quan hệ giữa tốc độ chạy xa dọc theo tia nhìn của các thiên hà với khoảng cách đến các thiên hà đó, Hớp-bơn (Hubble) đã phát hiện ra rằng, các thiên hà càng ở xa chúng ta thì tốc độ nói trên càng lớn.

Vì chúng ta không ở trung tâm của vũ trụ, nên những sự kiện kể trên cho phép rút ra kết luận : Vũ trụ (hoặc phần vũ trụ mà ta quan sát được) đang nở ra.

(1) Đó là các định luật nói về hình dạng quỹ đạo và mối quan hệ giữa bán kính quỹ đạo và chu kì chuyển động của hành tinh. Xem sách Vật lí 10 Nâng cao.

3. Sự tiến hoá của các sao

Tất cả các sao đều có lịch sử hình thành và phát triển của chúng. Các sao đều được tạo ra từ những đám tinh vân hiđrô khổng lồ. Tuy nhiên, tuỳ theo khối lượng của đám tinh vân là lớn hay nhỏ mà mỗi loại sao có một quá trình phát triển khác nhau.



Có thể mô tả khái quát quá trình hình thành và phát triển các sao như sau : Dưới tác dụng của lực vạn vật hấp dẫn, các nguyên tử hiđrô bị hút lại gần nhau và tụ lại thành một đám to dần. Thế năng hấp dẫn biến đổi thành động năng rồi thành nhiệt năng làm cho nhiệt độ của đám tăng dần lên.

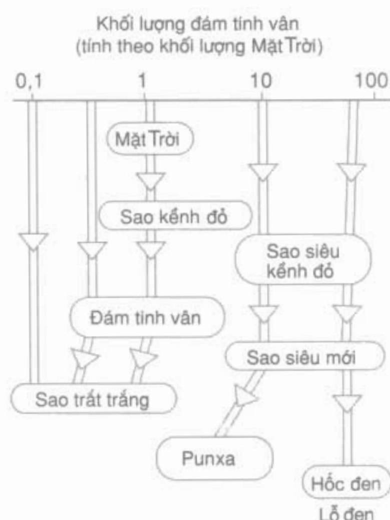
Khi nhiệt độ đạt đến vài chục triệu độ thì xảy ra phản ứng nhiệt hạch. Trong quá trình phản ứng, hiđrô bị biến thành heli, rồi thành cacbon, nitơ, ôxi,...

Ta hình dung ngôi sao lúc này như một quả cầu khí có mật độ vật chất ở tâm đậm đặc hơn và tại đó xảy ra phản ứng nhiệt hạch. Khí ở lớp vỏ chịu tác dụng của hai lực : Lực vạn vật hấp dẫn hướng vào tâm ngôi sao và lực đẩy ra do áp suất tạo ra trong chuyển động nhiệt cũng như áp suất tạo ra do các bức xạ (mà ta gọi chung là áp suất ánh sáng).

Ở những lớp khí ngoài cùng thì lực đẩy lớn hơn lực hút ; ở những lớp khí bên trong thì lực hút lớn hơn lực đẩy. Như vậy, vỏ ngoài của sao thì nở ra còn lõi thì co lại (sự co do hấp dẫn).

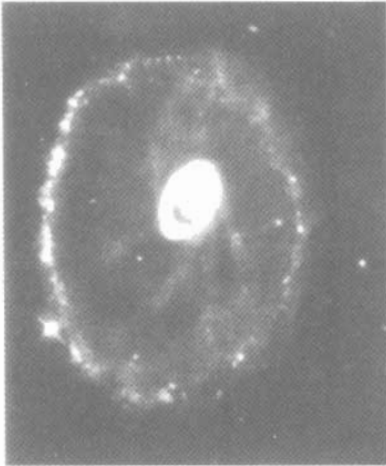
Kết quả là ở những sao có khối lượng nhỏ cỡ 0,1 khối lượng Mặt Trời (xem cột tận cùng bên trái Hình 41.9), lớp vỏ ngoài rất mỏng ; sau một thời gian, chỉ còn phần lõi có kích thước nhỏ và có nhiệt độ bên ngoài rất cao. Đó là một sao trắt trắng.

Ở những sao có khối lượng gấp 10 đến 100 lần khối lượng Mặt Trời thì lớp vỏ ngoài rất dày và tiếp tục nở ra, nhiệt độ giảm đi ; sao trở thành một sao kềnh đỏ (xem hai cột tận cùng bên phải Hình 41.9).



Hình 41.9

Phần lõi tiếp tục co lại. Nhiên liệu hiđrô cạn kiệt ; tiếp tục xảy ra phản ứng hạt nhân mới với nhiên liệu là heli, kém mãnh liệt hơn. Nhiệt độ giảm đi làm cho lực đẩy phần vỏ giảm. Lập tức diễn ra quá trình phần lõi hút phần vỏ rơi vào lõi, làm cho nhiệt độ của lõi lại tăng lên đột ngột.



Hình 41.10

Một loạt những phản ứng hạt nhân mới lại xảy ra. Cuối cùng là phản ứng trong đó các hạt nhân bị vỡ thành nơtron và prôtôn ; prôtôn này lại kết hợp với êlectron để thành nơtron. Ngôi sao sẽ biến thành sao nơtron (punxa) hoặc lỗ đen (H.41.9).

Các sao có khối lượng tương đương với Mặt Trời cũng có quá trình hình thành và phát triển tương tự như trên (cột giữa Hình 41.9). Có điều khác là ở thời kì cạn kiệt nhiên liệu thì phần lõi chỉ có thể hút một phần phía trong của lớp vỏ cho rơi vào lõi. Nhiệt độ của phần lõi có thể tăng lên đến 100 triệu độ và lại có những phản ứng hạt nhân mới xảy ra. Áp suất bên trong vỏ khí tăng mạnh đẩy vỏ khí ra tạo thành một vành tinh vân bao quanh ngôi sao. Ngôi sao ở lõi tiếp tục co lại vì hấp dẫn trở thành một sao trắt trắng (H.41.10).

TỔNG KẾT CHƯƠNG VIII — TỪ VI MÔ ĐẾN VĨ MÔ

1. Các hạt sơ cấp là các hạt có kích thước nhỏ hơn hạt nhân mà ta tạm thời không xét đến cấu tạo bên trong của chúng.

2. Các hạt sơ cấp gồm phôtôn và các leptôn (các hạt nhẹ) như : nơtrinô, êlectrôn, pôzitron, ...) và các hađrôn ; (các hạt nặng như : nơtron, prôtôn, mêzôn π ...)

3. Hệ Mặt Trời gồm : Mặt Trời ở trung tâm, tám hành tinh, rất nhiều các tiểu hành tinh, các sao chổi và các thiên thạch. Các thành viên này đều quay xung quanh Mặt Trời dưới tác dụng của lực vạn vật hấp dẫn, theo đúng định luật Kê-ple. Xung quanh mỗi hành tinh còn có các vệ tinh.

4. Mặt Trời là một ngôi sao, có nhiệt độ bề mặt là 6 000 K, nhiệt độ trong lòng lên đến vài chục triệu độ, tại đó xảy ra các phản ứng nhiệt hạch.

5. Thiên hà là một hệ các sao và tinh vân quay quanh một tâm. Các sao đều được hình thành từ các đám tinh vân. Trong lòng các sao xảy ra các phản ứng nhiệt hạch. Sự tiến hoá của các sao phụ thuộc vào khối lượng ban đầu của chúng : Những sao có khối lượng nhỏ thì tiến hoá thành các sao trắt trắng, có nhiệt độ trong lòng rất cao và nhiệt độ bề mặt đến vài vạn độ. Ta thấy chúng có màu trắng xanh ; những sao có khối lượng lớn thì tiến hoá thành các sao kềnh đỏ, có nhiệt độ trong lòng thấp và nhiệt độ bề mặt vài nghìn độ. Sau đó chúng tiến hoá thành các sao nơtron (punxa) phát xạ mạnh các sóng vô tuyến hoặc thành các lỗ đen, hoàn toàn không bức xạ điện từ.

BẢNG ĐƠN VỊ CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÍ DÙNG TRONG SGK VẬT LÍ 12

Tên đại lượng	Kí hiệu đại lượng	Tên đơn vị	Kí hiệu đơn vị
Lực	F	niutơn	N
Gia tốc	a	mét trên giây bình phương	m/s^2
Chu kì	T	giây	s
Tần số	f	héc	Hz
Tần số góc	ω	rađian trên giây	rad/s
Năng lượng	W, Q, E	jun	J
Trọng lực	P	niutơn	N
Tốc độ	v, V	mét trên giây	m/s
Cường độ âm	I	oát trên mét vuông	W/m^2
Mức cường độ âm	L	ben, đêxiben	B, dB
Bước sóng	λ	mét	m
Suất điện động	$\mathscr{E}$	vôn	V
Điện áp (hiệu điện thế)	u, U	vôn	V
Cường độ dòng điện	i, I	ampe	A
Từ thông	Φ	vêbe	Wb
Điện trở	r, R	ôm	Ω
Điện dung	C	fara	F
Độ tự cảm	L	henry	H
Dung kháng	Z_C	ôm	Ω
Cảm kháng	Z_L	ôm	Ω
Tổng trở	Z	ôm	Ω
Khoảng vân	i	mét, milimét	m, mm
Công suất	$p, \mathscr{P}$	oát	W
Lượng tử năng lượng	ε	jun	J
Cảm ứng từ	B	tesla	T
Cường độ điện trường	E	vôn trên mét	V/m

KHỐI LƯỢNG CỦA CÁC HẠT NHÂN

Nguyên tố	Z	A	Khối lượng nguyên tử (u)	Nguyên tố	Z	A	Khối lượng nguyên tử (u)
Hiđrô (H)	1	1	1,007825	Clo (Cl)	17	35	34,96885
Đơteri (D)		2	2,01400			36	35,9797
Triti (T)		3	3,01605			37	36,9658
Heli (He)	2	3	3,01603	Acgon (Ar)	18	36	35,96755
		4	4,00260			37	36,9667
Liti (Li)	3	6	6,01512			38	37,96272
		7	7,01600			39	38,964
Beri (Be)	4	7	7,0169			40	39,9624
		9	9,01218	Kali (K)	19	39	38,96371
		10	10,0135			40	39,974
Bo (B)	5	10	10,0129			41	40,952
		11	11,00931			42	41,963
Cacbon (C)	6	12	12,00000	Canxi (Ca)	20	40	39,96371
		13	13,00335	Scanđi (Sc)	21	45	44,96259
		14	14,0032			46	45,955
Nitơ (N)	7	14	14,00307	Titan (Ti)	22	48	47,948
		15	15,00011	Vanađi (V)	23	51	50,9440
Ôxi (O)	8	16	15,99491	Crôm (Cr)	24	52	51,9405
		17	16,9991	Mangan (Mn)	25	55	54,9381
		18	17,9992	Sắt (Fe)	26	54	53,9396
Flo (F)	9	19	18,99840			55	54,938
Nêon (Ne)	10	20	19,99244			56	55,9349
		21	20,99395			57	56,9354
		22	21,99138			58	57,9333
Natri (Na)	11	22	21,9944			59	58,935
		23	22,9898	Côban (Co)	27	56	55,940
		24	23,99096			57	56,936
Magiê (Mg)	12	24	23,98504			58	57,936
Nhôm (Al)	13	26	25,98689			59	58,9332
		27	26,98153			60	59,934
Silic (Si)	14	28	27,97693	Niken (Ni)	28	58	57,9353
		29	28,97649	Đồng (Cu)	29	63	62,9298
		30	29,97376			65	64,9278
		31	30,9753	Kẽm (Zn)	30	64	63,9291
		32	32,9740	Gali (Ga)	31	69	68,9257
Phôtpho (P)	15	31	30,99376	Giemani Ge)	32	70	69,9243
		32	31,9739			72	71,9217
		33	32,9717			74	73,9219
Lưu huỳnh (S)	16	32	31,97207	Asen (As)	33	75	74,9216

Nguyên tố	Z	A	Khối lượng nguyên tử (u)	Nguyên tố	Z	A	Khối lượng nguyên tử (u)
Sêlen (Se)	34	78	77,9173	Telu (Te)	52	122	121,9030
		80	79,9165			128	127,9047
Brom (Br)	35	77	76,921			130	129,9067
		79	78,9183	Iôt (I)	53	127	126,9004
		81	80,9183	Xenon (Xe)	54	129	128,9048
		82	81,917			132	131,9042
Kripton (Kr)	36	84	83,912	Xesi (Cs)	55	133	133,9051
Rubiđi (Rb)	37	85	84,9117			137	136,9075
		87	86,909	Bari (Ba)	56	132	131,9057
Strônti (Sr)	38	84	83,9134			134	133,9043
		85	84,913			135	134,9056
		86	85,9094			136	135,9044
		87	86,9089			137	136,9063
		88	87,9056			138	137,9050
		89	88,907	Lantan (La)	57	139	138,9061
		90	89,907	Xeri (Ce)	58	138	137,9057
Ytri (Y)	39	87	86,911			140	139,9053
		88	87,910			142	141,9090
		89	88,9054	Prazeođim (Pr)	59	141	140,9074
		91	90,907	Nêođim (Nd)	60	142	141,9075
Ziriconi (Zr)	40	90	89,9043			144	143,9099
Niobi (Nb)	41	93	92,9060			146	145,9172
Môlipđen (Mo)	42	98	97,90511	Prômêti (Pm)	61	143	142,9110
Tecnexi (Tc)	43	98	97,9072	Samari (Sm)	62	152	151,9195
Ruténi (Ru)	44	102	101,9037			154	153,9220
		104	103,9055	Europi (Eu)	63	151	150,9196
Rôđi (Rh)	45	103	102,9048			153	152,9209
Palađi (Pd)	46	105	104,9046	Gađôlini (Gd)	64	158	157,9241
		106	105,9032			160	159,9071
		108	107,9030	Tebi (Tb)	65	159	159,9250
Bạc (Ag)	47	107	106,9041	Điprosi (Dy)	66	162	161,9265
		109	108,9047			163	162,9284
Cađimi (Cd)	48	112	111,9028			164	163,9288
		114	113,9036	Honmi (Ho)	67	165	164,9303
Inđi (In)	49	115	114,9041	Eribi (Er)	68	166	165,9304
Thiếc (Sn)	50	118	117,9018			167	166,9320
		122	121,9034			168	167,9324
		124	123,9052			170	169,9355
Antimon (Sb)	51	121	120,9038				
		123	122,9041				

Nguyên tố	Z	A	Khối lượng nguyên tử (u)	Nguyên tố	Z	A	Khối lượng nguyên tử (u)
Tuli (Tm)	69	169	168,9344	Atatin (At)	85	211	210,9875
Ytecbi (Yb)	70	170	169,9349	Rađon (Rn)	86	211	210,9906
		171	170,9365			222	222,0175
		172	171,9366	Franxi (Fr)	87	212	211,996
		173	172,9383			223	223,0198
		174	173,9390	Rađi (Ra)	88	223	223,0186
		176	175,9427			226	226,0254
Lutexi (Lu)	71	175	174,9409	Actini (Ac)	89	225	225,0231
Hafini (Hf)	72	180	179,9468			227	227,0278
Tantan (Ta)	73	181	180,9480	Thori (Th)	90	228	228,0287
Vonfam (W)	74	182	181,9483			229	229,0316
		184	183,9510			230	230,0331
		186	185,9543			232	232,0382
Reni (Re)	75	185	184,9530	Prôtactini (Pa)	91	231	231,0359
		187	186,9560	Urani (U)	92	232	232,0372
Osimi (Os)	76	188	187,9560			233	233,0396
		189	188,9586			234	234,0409
		190	189,9586			235	235,0439
Iriđi (Ir)	77	191	190,9609			236	236,0457
		193	192,9633			238	238,0508
Platin (Pt)	78	194	193,9628	Neptuni (Np)	93	236	236,0466
		195	194,9648			237	237,0480
		196	195,9650	Plutoni (Pu)	94	236	236,0461
		198	197,9675			237	237,0483
Vàng (Au)	79	197	196,9666			238	238,0495
Thuỷ ngân (Hg)	80	196	195,9658			239	239,0522
		198	197,9668			240	240,0538
		199	198,9683			241	241,0569
		200	199,9683			242	242,0587
		201	200,9703			244	244,0642
		202	201,9706	Amerixi (Am)	95	241	241,0567
		204	203,9735			243	243,0614
Tali (T*l*)	81	203	202,9723	Curi (Cm)	96	242	242,0588
		205	204,9745	Beckêli (Bk)	97	247	247,0702
Chì (Pb)	82	204	203,9731	Califoni (Cf)	98	248	248,0724
		206	205,9745	Ensteni (Es)	99	252	252,0829
		207	206,9759	Fecmi (Fm)	100	255	252,0827
		208	207,9766	Menđêlêvi (Md)	101	255	255,0906
Bismut (Bi)	83	209	208,9804	Nobeni (No)	102	253	
Pôlôni (Po)	84	206	205,9805	Lorenxi (Lr)	103	256	
		208	207,9813				
		209	208,9825				
		210	209,9829				

ĐÁP ÁN VÀ ĐÁP SỐ BÀI TẬP

CHƯƠNG I

Bài 1.

7. C. **8.** A. **9.** D.

10. 2 cm ; $-\frac{\pi}{6}$; $5t-\frac{\pi}{6}$

11. 0,5 s ; 2 Hz ; 18 cm.

Bài 2.

4. D. **5.** D. **6.** B.

Bài 3. **4.** D. **5.** D. **6 .** C .

7. 106 dao động toàn phần.

Bài 4.

5. D. **6.** B.

Bài 5.

4. D. **5.** B.

6. $x = 2,3\cos(5\pi t + 0,73\pi)$ (cm).

CHƯƠNG II

Bài 7.

6. A. **7.** C. **8.** 50 cm/s.

Bài 8.

5. D. **6.** D. **7.** 0,625 cm.

8. 0,52 m/s.

Bài 9. **7.** B. **8.** D.

9. a) 1,2 m ; b) 0,4 m. **10.** 100 Hz.

Bài 10.

6. C. **7.** A.

8. 12,5 Hz < 16 Hz. Đó là một hạ âm nên ta không nghe thấy được.

9. 0,331 mm ; 1,5 mm.

10. 3194 m/s.

Bài 11.

5. B. **6.** C. **7.** C.

CHƯƠNG III

Bài 12.

3. a) 0 ; b) 0 ; c) 0 ; d) 2 ; e) 0.

4. a) 484 Ω ; b) $\frac{5}{11}$ A ; c) 100 W.h.

5. a) 247 W ; b) 1,123 A.

6. Mắc nối tiếp với đèn điện trở 10 Ω.

7. C. **8.** A. **9.** D. **10.** C.

Bài 13.

3. a) 20 Ω, $\frac{1}{2000\pi}$ F ;

b) $i = 5\sqrt{2}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ (A).

4. a) $\frac{0,2}{\pi}$ H ;

b) $i = 5\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$ (A).

7. D. **8.** B. **9.** A.

Bài 14.

4. $i = 3\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ (A).

5. $i = 4\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ (A).

6. 40 Ω ; 2 A.

7. a) 40 Ω ; b) $i = \sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ (A).

8. $i = 4\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ (A).

9. a) $i = 2{,}4\sqrt{2}\cos(100\pi t + \varphi)$

với $\tan\varphi = -\frac{3}{4}$. b) $96\sqrt{2}$ V.

10. 100π rad/s ; $i = 4\cos100\pi t$ (A).

11. D. 12. D.

Bài 15.

2. C. 3. B. 4. A. 5. A.

6. a) 333 W ; b) $\cos\varphi = 1$.

Bài 16.

2. C. 3. A.

4. a) Muốn tăng áp thì cuộn có $N_1 = 200$ vòng là cuộn sơ cấp ;

$U_2 = U_1\frac{N_2}{N_1} = 11000$ V ; b) Cuộn sơ cấp.

5. a) $\mathscr{P}_2 = \mathscr{P}_1 = 6600$ W; b) 1,32 A ;

6. a) $I_{ra} = \frac{400}{11}$ A ; b) Độ sụt thế là 72,7 V ;

c) 38,3 V ; d) 2643,6 W ;

e) $\frac{200}{11}$ A ; 36,36 V ; 183,64 V ; 661,15 W.

Bài 17. 3. C.

CHƯƠNG IV

Bài 20.

6. C. 7. A.

8. $3{,}77.10^{-6}$ s ; 0,265 MHz.

Bài 21.

4. D 5. D. 6. A.

Bài 22.

3. D. 4. C. 5. C.

6. 12 MHz ; 9,68 MHz ; 7,32 MHz.

Bài 23.

5. C. 6. C. 7. B.

CHƯƠNG V

Bài 24.

4. B. 5. $\Delta D = 12{,}6'$.

6. Độ dài của vết sáng là 1,57 cm.

Bài 25.

6. A. 7. C.

8. 600 nm ; 5.10^{14} Hz.

9. a) 0,25 mm ; b) 1 mm. 10. 596 nm.

Bài 26.

4. C. 5. C.

6. Vạch đỏ nằm tận cùng bên phải, vạch tím nằm tận cùng bên trái.

Bài 27.

6. A. 7. B. 8. 833 nm.

9. 0,54 mm.

Bài 28. **5.** C. **6.** 70 000 km/s. **7.** a) $2{,}5.10^{17}$ êlectron/giây ; b) 24 kJ.

CHƯƠNG VI

Bài 30.

9. D. **10.** D. **11.** A.

12. $26{,}5.10^{-20}$ J ; $36{,}14.10^{-20}$ J.

13. $56{,}78.10^{-20}$ J = 3,55 eV.

Bài 31.

4. A – b ; B – c ; C – a.

5. D. **6.** D.

Bài 32.

3. C. **4.** D. **5.** B.

6. a) Các băng này dùng để báo hiệu cho xe cộ chạy trên đường.

b) Các băng này làm bằng chất liệu phát quang.

c) Dùng bút thử tiền chiếu vào một chỗ trên băng đó, rồi xem chỗ đó sáng lên màu gì. Nếu nó sáng lên màu vàng hay màu lục thì đó là băng phát quang.

Bài 33.

4. D. **5.** D. **6.** C.

7. $E_2 - E_1 = 1{,}79$ eV.

Bài 34.

7. C. **8.** D. **9.** D.

CHƯƠNG VII

Bài 35.

1. 1 – S ; 2 – Đ ; 3 – S ; 4 – Đ ; 5 – Đ.

2. Hai hạt nhân đồng khối :

a) Khối lượng xấp xỉ bằng nhau.

b) Điện tích khác nhau.

3. 11,99170u. **4.** A. **5.** A.

6. C. **7.** B.

Bài 36.

1. C. **2.** D. **3.** A. **4.** C.

5. 19,99245u.

6. W_{lk} = 492,242792 MeV ;

$$\frac{W_{lk}}{A} = 8{,}79 \text{ MeV/1nuclôn.}$$

7. ${}^{6}_{3}\text{Li} + {}^{2}_{1}\text{H} \rightarrow {}^{7}_{4}\text{Be} + {}^{1}_{0}n$;

${}^{10}_{5}\text{B} + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{7}_{3}\text{Li} + {}^{4}_{2}\text{He}$;

${}^{35}_{17}\text{Cl} + {}^{1}_{1}\text{H} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^{4}_{2}\text{He}$

8. 6,01465u. **9.** C. **10.** D.

Bài 37.

2. B.

3. Mạnh nhất là γ. Yếu nhất là α.

4. D. **5.** D.

Bài 38.

3. B.

4. $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{94}_{39}Y + ^{140}_{53}I + 2(^{1}_{0}n)$;

$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{95}_{40}Zn + ^{138}_{52}Te + 3(^{1}_{0}n)$

5. $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{139}_{53}I + ^{94}_{39}Y + 3(^{1}_{0}n) + \gamma$; 175,923 MeV.

6. $7,21.10^{13}$ J.

Bài 39.

3. 1. $^{12}_{6}C + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{13}_{7}N$ 2. $^{13}_{7}N \rightarrow ^{13}_{6}C + ^{0}_{1}e$

3. $^{13}_{6}C + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{14}_{7}N$ 4. $^{14}_{7}N + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{15}_{8}O$

5. $^{15}_{8}O \rightarrow ^{15}_{7}N + ^{0}_{1}e$

6. $^{15}_{7}N + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{4}_{2}He$

4. a) 3,1671 MeV ≈ $5,07.10^{-13}$ J

b) 40.10^{-8} kg đơteri.

CHƯƠNG VIII

Bài 40.

4. a) Lực ma sát : Tương tác điện từ.

b) Lực liên kết hoá học : Tương tác điện từ.

c) Trọng lực : Tương tác hấp dẫn.

d) Lực Lo-ren : Tương tác điện từ.

e) Lực hạt nhân : Tương tác mạnh.

f) Lực liên kết trong phân rã β : Tương tác yếu.

Bài 41.

9. D. 10. D. 11. D.

12. Sự tương tự về cấu trúc :

– Một hạt có khối lượng rất lớn nằm tại tâm và các thành viên quay xung quanh.

– Chuyển động của các thành viên bị chi phối bởi một lực hút xuyên tâm có cường độ tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách.

Sự khác biệt về cấu trúc :

– Trong hệ Mặt Trời, giữa Mặt Trời và các hành tinh có lực vạn vật hấp dẫn, còn trong nguyên tử thì đó là lực Cu-lông.

– Các hành tinh chuyển động trên những quỹ đạo xác định, còn các êlectron trong nguyên tử lại tồn tại trên những orbitan.

– Trong hệ Mặt Trời, các thành viên khác nhau ; đặc biệt có thành viên gồm những thành phần rất nhỏ. Trong nguyên tử nêon, các thành viên giống nhau.

13. Tất cả các sao mà ta thấy trên bầu trời đều thuộc về Ngân Hà. Mặt Trời gần như nằm trên mặt phẳng đi qua tâm và vuông góc với trục Ngân Hà. Như vậy, bên phải, bên trái, đằng trước, đằng sau, phía trên, phía dưới của chúng ta đều có sao. Nhìn về phía tâm Ngân Hà (phía chòm sao Nhân Mã), ta sẽ thấy một vùng dày đặc những sao : đó là "hình chiếu" của Ngân Hà lên nền trời và cũng là dải Ngân Hà. Do đó, những sao nằm "ngoài" dải Ngân Hà vẫn thuộc về Ngân Hà.

MỤC LỤC

Trang

CHƯƠNG I - DAO ĐỘNG CƠ

CHƯƠNG II - SÓNG CƠ VÀ SÓNG ÂM

CHƯƠNG III - DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

CHƯƠNG IV - DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

CHƯƠNG V - SÓNG ÁNH SÁNG

CHƯƠNG VI - LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

CHƯƠNG VII - HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

CHƯƠNG VIII - TỪ VI MÔ ĐẾN VĨ MÔ

Chịu trách nhiệm xuất bản: Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc **NGÔ TRẦN ÁI**
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập **NGUYỄN QUÝ THAO**

Biên tập nội dung: **PHẠM THỊ NGỌC THẮNG - PHÙNG THANH HUYỀN**
Biên tập tái bản: **ĐINH THỊ THÁI QUỲNH**
Biên tập kĩ thuật: **TẠ THANH TÙNG**
Trình bày bìa: **TẠ THANH TÙNG**
Sửa bản in: **ĐINH THỊ THÁI QUỲNH**
Chế bản: **CTCP MĨ THUẬT & TRUYỀN THÔNG (NXB GIÁO DỤC)**

VẬT LÍ 12
Mã số : CH205T1

In 120.000 cuốn (ST), khổ 17 x 24 cm.
In tại Công ty CP In Công Đoàn VN, 167 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội.
Số in: 1639. Số XB: 01-2011/CXB/172-1235/GD. In xong và nộp lưu chiểu tháng 1 năm 2011.



HUÂN CHƯƠNG HỒ CHÍ MINH



VƯƠNG MIỆN KIM CƯƠNG
CHẤT LƯỢNG QUỐC TẾ

SÁCH GIÁO KHOA LỚP 12

1. TOÁN HỌC
   - GIẢI TÍCH 12
   - HÌNH HỌC 12
2. VẬT LÍ 12
3. HOÁ HỌC 12
4. SINH HỌC 12
5. NGỮ VĂN 12 (tập một, tập hai)
6. LỊCH SỬ 12
7. ĐỊA LÍ 12
8. TIN HỌC 12
9. CÔNG NGHỆ 12
10. GIÁO DỤC CÔNG DÂN 12
11. GIÁO DỤC QUỐC PHÒNG - AN NINH 12
12. NGOẠI NGỮ
    - TIẾNG ANH 12
    - TIẾNG PHÁP 12
    - TIẾNG NGA 12
    - TIẾNG TRUNG QUỐC 12

SÁCH GIÁO KHOA LỚP 12 - NÂNG CAO

Ban Khoa học Tự nhiên :
- TOÁN HỌC (GIẢI TÍCH 12, HÌNH HỌC 12)
- VẬT LÍ 12 • HOÁ HỌC 12 • SINH HỌC 12

Ban Khoa học Xã hội và Nhân văn :
- NGỮ VĂN 12 (tập một, tập hai)
- LỊCH SỬ 12 • ĐỊA LÍ 12
- NGOẠI NGỮ (TIẾNG ANH 12, TIẾNG PHÁP 12, TIẾNG NGA 12, TIẾNG TRUNG QUỐC 12)

ISBN 978-604-0-00199-3





Giá: 13.400đ